



**TUGAS AKHIR - TM 141585**

**EVALUASI *RUNWAY*, TRUK BAHAN BAKAR, BUS  
PENUMPANG PESAWAT UNTUK MENGURANGI  
ANTRIAN YANG MENYEBABKAN *DELAY* DENGAN  
METODE SIMULASI  
(STUDI KASUS : BANDARA INTERNASIONAL  
JUANDA)**

**WAHYU ARFI PUTRA  
NRP 2108 100 134**

**Dosen Pembimbing  
Ir.Sudiyono Kromodihardjo, M.Sc.,Ph.D.**

**Laboratorium Sistem Manufaktur  
Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - TM 141585

***EVALUATION OF RUNWAY, FUEL TRUCKS, BUS  
PASSENGER AIRCRAFT TO REDUCE THE QUEUE  
THAT CAUSING DELAY USING SIMULATION  
METHOD  
(CASE STUDY IN JUANDA INTERNATIONAL  
AIRPORT)***

WAHYU ARFI PUTRA  
NRP 2108 100 0134

Student Advisor  
Ir.Sudiyono Kromodihardjo, M.Sc.,Ph.D.

Manufacturing System laboratory  
Departement Of Mechanical Engineering  
Faculty of Industrial Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015

**Evaluasi *Runway*, Truk Bahan Bakar,  
Bus Penumpang Pesawat untuk Mengurangi Antrian  
yang Menyebabkan *Delay* dengan Metode Simulasi  
(Studi Kasus Bandara Internasional Juanda)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada**

**Bidang Studi Manufaktur  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**Wahyu Arfi Putra  
Nrp. 2108 100 134**

**Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :**

1. Ir.Sudiyono K., M.Sc.Ph.D.....(Pembimbing)  
(NIP. 195208011978031005)
2. Dr.Sutikno,ST.,MT.....(Penguji I)  
(NIP. 197407032000031001)
3. Indra Sidharta, ST., MSc.....(Penguji II)  
(NIP.198006192006041004)
4. Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.....(Penguji III)  
(NIP. 196303141988031002)

**SURABAYA  
JANUARI, 2015**

# EVALUASI *RUNWAY*, PENGISIAN BAHAN BAKAR, BUS PENUMPANG PESAWAT UNTUK MENGURANGI ANTRIAN YANG MENYEBABKAN *DELAY* DENGAN METODE SIMULASI

(Study kasus di Bandara Internasional Juanda Surabaya)

Nama Mahasiswa : Wahyu Arfi Putra  
NRP : 2108 100 134  
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS  
Dosen Pembimbing : Ir. Sudiyono K., M.Sc., Ph.D

## Abstrak

*Delay* merupakan salah satu masalah di Bandara yang merugikan bagi penumpang maupun maskapai baik secara materi maupun waktu. Di Bandara Internasional Juanda rata-rata *delay* kedatangan pesawat lebih dari 30 menit dengan prosentase 25%. Sedangkan rata-rata *delay* keberangkatan lebih dari 30 menit dengan prosentase *delay* keberangkatan sebesar 20%. Angka *delay* dapat diperparah dengan adanya kenaikan pergerakan pesawat sebesar 9% pertahun berdasarkan forecast tahunan Bandara Internasional Juanda.

Untuk mengetahui faktor penyebab *delay*, digunakan metode simulasi. Simulasi dilakukan dengan mencari waktu antrian pesawat terhadap pemakaian *runway*, antrian akan kebutuhan truk bahan bakar, bus penumpang untuk pesawat. Simulasi dilakukan dengan menjadwalkan pesawat sesuai jadwal kemudian pesawat dibedakan dengan jenis pesawat, tujuan terminal, lama *ground handling*, lama melalui *taxiway* kemudian di set dengan atribut estimasi kedatangan dan keberangkatan. Program dijalankan kemudian dilihat waktu antrian untuk masing-masing lama antrian pemakaian *runway*, truk bahan bakar dan



bus. Kemudian dilakukan evaluasi antrian yang terjadi dapat menyebabkan keterlambatan pesawat dengan fasilitas yang ada sekarang. Kemudian dengan pertumbuhan pesawat 9% pertahun maka antrian akan meningkat dengan meningkatnya waktu antrian dapat menyebabkan meningkatnya angka keterlambatan sehingga perlu adanya evaluasi antrian di *runway*, dan juga penambahan fasilitas truk bahan bakar serta bus penumpang.

Berdasarkan hasil simulasi tahun 2013 prosentase keterlambatan keberangkatan pesawat 30% sedangkan pada tahun 2018 47%. Faktor penyebab *delay* di Bandara Juanda adalah faktor non teknis operasional yaitu keterlambatan kedatangan pesawat dengan penambahan waktu *delay* disebabkan oleh adanya antrian bus ataupun bahan bakar dan *runway*.

**Kata kunci : bus, landasan pacu, simulasi, truk bahan bakar**

# ***EVALUATION OF RUNWAY, FUEL TRUCKS, BUS PASSENGER AIRCRAFT TO REDUCE THE QUEUE THAT CAUSING DELAY USING SIMULATION METHOD***

***(CASE STUDY: JUANDA INTERNATIONAL AIRPORT)***

***Name*** : Wahyu Arfi Putra  
***NRP*** : 2108 100 134  
***Departement*** : Mechanical Engineering FTI-ITS  
***Advisor Lecture*** : Ir. Sudiyono K., M.Sc., Ph.D.

## ***Abstract***

*Delay is one of the problems at the airport and airline passengers detrimental to both money and time. At Juanda International Airport flight arrival delays on average more than 30 minutes with a percentage of 25%. While the average departure delay of more than 30 minutes with a percentage of 20% delay departure. Delay can be compounded by an increasing movements at 9% every year based on annual forecast Juanda Internasional Airport.*

*To determine the cause of the delay, used simulation methods. Simulation is done by finding the best time to use the runway queue, the queue for fuel truck, bus passengers to the aircraft. Simulations carried out by aircraft scheduling on schedule then the plane is distinguished by the type of aircraft, destination terminal, ground handling time, taxiways time in the set with the estimated arrival and departure attributes. The program starts and see queuing time for each queues for occupation runway, fuel trucks and buses. Then the evaluation queue could cause delays plane with existing facilities. Then the*

*plane growth of 9% every year then the queue will increase with time queuing delay can lead to increased rates so that the need for evaluation of the queue on the runway, and also the addition of a fuel truck facilities and bus passengers.*

*Based on the simulation results of 2013 the percentage of flight departure delays of 30%, while in 2018 47%. Factors causing delay in Juanda Airport is a non-technical factors that delay the arrival of aircraft operations with the addition of a time delay caused by a bus queue or fuel and runway.*

*Keywords: bus, runway, simulation, truck fuel*



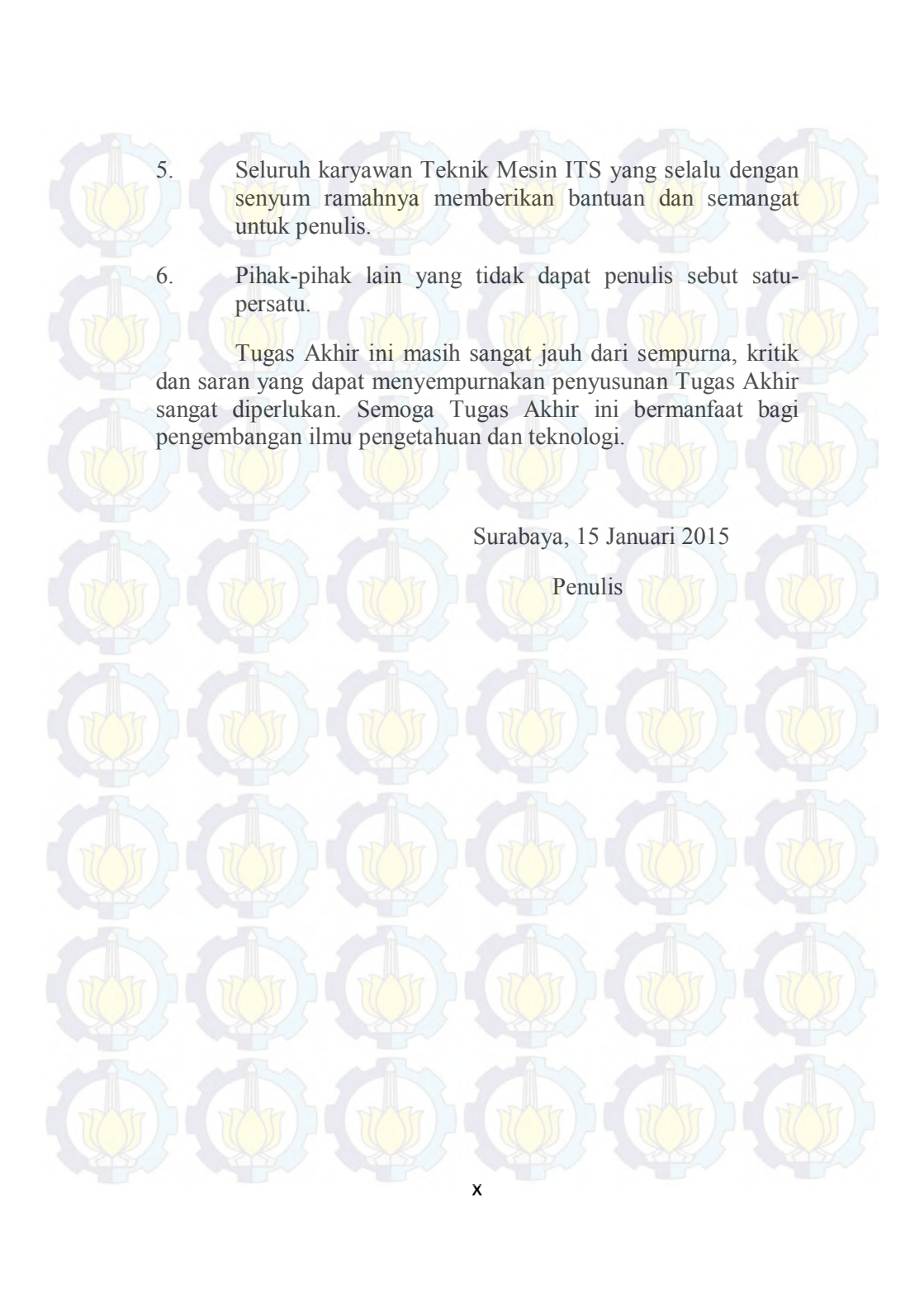
## KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT atas karuniaNya sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Sholawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Tugas Akhir ini merupakan persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik bidang studi Sistem Manufaktur jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir tidak terlapas dari bantuan banyak pihak baik moral, material, maupun spiritual. Penulis mengucapkan terima-kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayahanda serta ibunda tercinta, Slamet Harsono dan Nurhaida yang selalu membimbing dan menasehati, dan kesabaran yang diberikan selama ini. Serta kakak - kakak saya dan semua keluarga saya atas dukungan dan motivasinya.
2. Ir. Sudiyono Kromodihardjo M.Sc. PhD selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan petunjuk berharga mengenai penulisan Tugas Akhir serta tekah dengan sangat sabar membimbing saya sampai Tugas Akhir ini selesai.
3. Ir. Witantyo, M.Eng.Sc, Indra Sidharta ST., MSc, PhD dan Dr. Eng. Sutikno, ST., MT. sebagai dosen penguji yang telah memberikan arahan dan petunjuk berharga dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. .
4. Teman-teman M51 dan Lab. Sistem Engineering yang selalu mendukung dan mensupport saya kapan pun dimanapun saya membutuhkannya.





5. Seluruh karyawan Teknik Mesin ITS yang selalu dengan senyum ramahnya memberikan bantuan dan semangat untuk penulis.

6. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebut satu-persatu.

Tugas Akhir ini masih sangat jauh dari sempurna, kritik dan saran yang dapat menyempurnakan penyusunan Tugas Akhir sangat diperlukan. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Surabaya, 15 Januari 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	iii
Abstrak .....	v
Abstract .....	vii
Kata Pengantar .....	ix
Daftar Isi .....	xi
Daftar Tabel .....	xii
Daftar Gambar .....	xiii
Daftar Lampiran .....	xv
 BAB I PENDAHULUAN .....	 1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat .....	4
 BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	 5
2.1 Kajian Pustaka .....	5
2.2 Komponen Sisi Udara Bandara .....	6
2.2.1 Landasan pacu .....	6
2.2.2 Apron, gate, dan aktivitas ground handling .....	6
2.2.3 Taxiway .....	6
2.2.4 Tower ATC .....	7
2.3 Bandara Internasional Juanda .....	7
2.4 Delay .....	9
2.5 Antrian .....	10
2.6 Simulasi .....	12
2.6 Verifikasi dan Validasi .....	13
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	 17
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	18
3.2 Prosedur Penelitian .....	18

3.2.2	Rumusan Masalah .....	18
3.2.3	Pengumpulan Data .....	18
3.2.4	Pengolahan Data .....	19
3.2.5	Pembuatan Model Referensi .....	19
3.2.6	Verifikasi dan Validasi Model .....	20
3.2.7	Pembuatan Model Alternatif dan Running Model .....	20
3.2.8	Analisa Data .....	20
3.2.9	Kesimpulan .....	20
BAB IV PENGOLAHAN DATA, PEMODELAN SISTEM DAN PEMBAHASAN .....		21
4.1	Gambaran Umum Sistem .....	21
4.1.1	Aturan pergerakan pesawat di landasan pacu ....	22
4.1.2	Area pendekatan landasan pacu .....	23
4.1.3	Pola Kedatangan dan pengaturan nomor parker	25
4.1.4	Aktivitas <i>ground handling</i> .....	26
4.2.	Pembuatan Model Simulasi .....	29
4.2.1	Input kedatangan pesawat .....	35
4.2.2	Mekanisme Pemakaian landasan pacu .....	35
4.2.3	Penentuan terminal dan aktivitas ground handling .....	37
4.3	Simulasi Referensi dan validasi .....	43
4.4	Simulasi berdasarkan kenaikan jumlah kedatangan pesawat 5 tahun mendatang .....	50
4.4.1	Simulasi runway dan apron .....	53
4.4.2	Simulasi Bus .....	55
4.4.2	Simulasi truk pengisi bahan bakar pesawat .....	59
4.5	Faktor Penyebab <i>delay</i> .....	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		63
5.1	Kesimpulan .....	63
5.2	Saran .....	64
DAFTAR PUSTAKA .....		65
LAMPIRAN .....		67



## DAFTAR GAMBAR


Gambar 1.1 Data jumlah pergerakan pesawat, penumpang, dan kargo dari tahun 2008 sampai 2012 serta forecast 2013 Bandara Internasional Juanda .....	2
Gambar 2.1 Skema Sistem Bandara Internasional Juanda ....	9
Gambar 2.2 Penggunaan Simulasi Sistem Dinamik untuk Simulasi Check In di Bandara Internasional Broome .....	14
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian .....	17
Gambar 4.1 Area pendekatan di Bandara Internasional Juanda .....	23
Gambar 4.2 Jarak antar pesawat medium (diambil dari Flightradar24.com) .....	24
Gambar 4.3 Pesawat berputar putar saat jarak aman belum terpenuhi (diambil dari Flightradar24.com) .....	24
Gambar 4.4 Jarak pesawat medium dengan heavy (dilihat dari Flightradar24.com) .....	25
Gambar 4.5 Skema pergerakan pesawat di sisi udara Bandara Internasional Juanda .....	29
Gambar 4.6 Skema aktivitas <i>ground handling</i> .....	30
Gambar 4.7 Inputan Kedatangan Pesawat .....	34
Gambar 4.8 Mekanisme pemakaian landasan pacu .....	35
Gambar 4.9 Penentuan posisi terminal .....	39
Gambar 4.10 Aktivitas pengisian bahan bakar dengan truk tangki pada terminal 2 .....	40
Gambar 4.11 Aktivitas pengisian bahan bakar dengan truk tangki dan truk dispenser pada terminal 2 .....	40
Gambar 4.12 Aktivitas pergerakan truk dispenser dan truk tangki di terminal 1 untuk dapat mengisi pesawat atau mengisi ulang tangki .....	41
Gambar 4.13 Aktivitas pergerakan truk tangki di terminal 2 untuk dapat mengisi pesawat atau mengisi ulang tangki .....	41
Gambar 4.14 Proses naik turun penumpang non bus dan bus	

Gambar 4.15	Proses pergerakan bus dari parkir menuju parkiran dan gate .....	42
Gambar 4.16	Hasil simulasi untuk pemakaian parkir Pesawat .....	46
Gambar 4. 17	Proporsi pesawat penumpang dan kargo pos tahun 2013 Bandara Juanda .....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Tipe pesawat berdasarkan beban maksimum lepas landas .....	22
Tabel 4.2	Kecepatan pesawat di area pendekatan landasan pacu .....	22
Tabel 4.4	Hasil simulasi replikasi 1 .....	23
Tabel 4.5	Hasil simulasi replikasi 2 .....	23
Tabel 4.6	Hasil simulasi untuk rata – rata <i>delay</i> kedatangan .....	43
Tabel 4.7	Hasil simulasi kebutuhan bus untuk terminal T1 dengan 6 bus dan terminal T2 dengan 2 bus tahun 2013 .....	49
Tabel 4.8	Proyeksi untuk tipe, tujuan, dan EXRON pesawat .....	51
Tabel 4.9	Hasil Simulasi dengan 4 bus domestik dan 2 bus internasional .....	56
Tabel 4.10	Hasil simulasi dengan 18 bus domestik dan 4 bus internasional .....	58
Tabel 4.11	Hasil simulasi di terminal T1 dengan jumlah 2 truk tangki 40 kl, 5 dispenser dan terminal T2 dengan jumlah 1 truk tangki 40 kl .....	59
Tabel 4.12	Hasil simulasi di terminal T1 dengan jumlah 2 truk tangki 40 kl, 7 dispenser dan terminal T2 dengan jumlah 3 truk tangki 40 kl .....	61
Tabel 5.1	Kesimpulan Variabel yang diteliti .....	65





*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## TENTANG PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap **Wahyu Arfi Putra** dilahirkan pada tanggal 25 Februari 1990 di Jombang. Merupakan anak ketiga dari pasangan Bapak Slamet Harsono dan Ibu Nurhaida S.Pd. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Mardi Budi, SDN Jabon kemudian melanjutkan sekolah ke SLTPN 1 Jombang, setelah tamat SLTP melanjutkan jenjang pendidikan ke SMAN 2 Jombang jurusan Ilmu Pasti Alam dan lulus pada tahun 2008. Setelah dinyatakan lulus dari SMA, penulis melanjutkan pendidikannya di salah satu jurusan terbaik pada salah satu Perguruan Tinggi Negeri terbaik di Indonesia yaitu Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, dan memperoleh gelar Sarjana pada bulan Maret 2015.

Ketika kuliah, penulis mengambil bidang studi manufaktur dengan Tugas Akhir spesifik pada bidang simulasi sistem dinamis. Semasa kuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan perkuliahan dan organisasi kemahasiswaan. Penulis pernah menjadi asisten dan grader praktikum Instrumentasi dan Pengukuran Teknik di Laboratorium Manufaktur. Organisasi kemahasiswaan yang pernah diikutinya yakni Workshop Entrepreneur & Teknologi ITS sebagai Manager Entrepreneur Department. Selain itu penulis juga aktif berpartisipasi dalam kegiatan pelatihan manajemen dan *leadership* di Jurusan Teknik Mesin ITS. Penulis dapat dihubungi melalui email berikut : **warfiputra@gmail.com**.



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan teknologi industri transportasi, jenis transportasi udara bagi masyarakat dianggap lebih efektif dan efisien di bandingkan dengan transportasi darat dan air. Selain itu, kenyamanan dan keamanan yang diberikan kepada para penumpang baik di bandara maupun di pesawat menjadi faktor penting yang menjadikan transportasi udara semakin diminati masyarakat. Perekonomian masyarakat yang semakin baik juga turut mendukung meningkatnya kebutuhan akan transportasi udara. Di sisi lain, transportasi udara mempunyai salah satu kelemahan yaitu adanya *delay* pesawat yang sering terjadi. Efek domino akibat terjadinya *delay* cukup luas, baik bagi penumpang maupun perusahaan jasa lainnya yang memanfaatkan jasa penerbangan khususnya kerugian waktu dan materi.

Bagi penyedia jasa penerbangan, *delay* juga menyebabkan kerugian karena seperti dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 25 Tahun 2008 Pasal 36 menyebutkan, jika pesawat mengalami *delay* antara 30-90 menit penumpang wajib diberi air minum dan makanan ringan oleh maskapai. Jika *delay* mencapai 90-180 menit penumpang harus mendapat air minum dan makanan ringan lagi. Bila keterlambatan lebih dari 180 menit, penumpang kembali mendapat air minum dan makanan ringan untuk makan siang atau malam serta kompensasi tambahan bila penumpang meminta dipindahkan ke penerbangan berikutnya. Jika penumpang tak dapat dipindahkan ke penerbangan berikutnya atau ke maskapai lain, penumpang wajib mendapat akomodasi pada hari berikutnya.

Besarnya kerugian yang diakibatkan oleh *delay* maka harus ada upaya untuk mengurangi *delay*. Untuk dapat mengurangi *delay* perlu diketahui penyebab yang mengakibatkan *delay*. Menurut Pasal 146 Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009

tentang penerbangan, ada tiga jenis faktor keterlambatan atau *delay* yaitu faktor teknis operasional, faktor nonteknis operasional, faktor cuaca. Ketiga faktor tersebut sering menjadi masalah dalam transportasi udara.



Gambar 1.1 Data jumlah pergerakan pesawat, penumpang, dan kargo dari tahun 2008 sampai 2012 serta forecast 2013 Bandara Internasional Juanda

Bandara Internasional Juanda merupakan salah satu bandara internasional di Indonesia. Terletak di kota Sedati, Sidoarjo dan 20 km dari kota Surabaya. Pada tahun 2009 pertumbuhan penumpang meningkat 19 % dari 8.879.296 menjadi 10.633.725 penumpang tahun 2010 naik menjadi 12.004.099 atau naik sebesar 12%. Pada tahun 2011 pergerakan penumpang menjadi 13.552.658 atau naik sebesar 12% dan tahun 2012 pergerakan penumpang menjadi 16.222.284 penumpang atau naik 19 %. Pada tahun 2013 jumlah pergerakan penumpang menjadi 17.622.000 penumpang atau naik sebesar 9%. Kenaikkan pergerakan penumpang tentunya juga diikuti dengan kenaikan jumlah pergerakan pesawat. Pada tahun 2009 jumlah pergerakan pesawat sebanyak 94.066 atau naik 9% dari tahun 2008. Pada



thuan 2010 menjadi 102.187 pergerakan pesawat atau naik 9 % dan pada tahun 2011 menjadi 116.769 pergerakan pesawat atau naik 14% sedangkan pada tahun 2012 naik menjadi 134.824 atau naik sebesar 9%. Sedangkan tahun 2013 naik menjadi 146.958 dengan forecast 9 % kenaikan pergerakan pesawat.

Bandara Internasional Juanda untuk operasionalnya hanya memiliki satu *runway*. Dengan kapasitas antrian di *taxiway* untuk lepas landas sebanyak 10 pesawat jika lebih maka pesawat tidak akan di perbolehkan untuk berangkat. Sedangkan untuk fasilitas pengisi bahan bakar Bandara Internasional Juanda menggunakan dispenser dan truk tangki pengisian bahan bakar pada terminal 1 sedangkan terminal 2 hanya menggunakan truk tangki. Dengan adanya pertumbuhan penumpang yang menyebabkan pertumbuhan pergerakan pesawat dapat dimungkinkan fasilitas pendukung sisi udara Bandara Internasional Juanda dapat menyebabkan *delay*. Untuk itu perlu diketahui 5 tahun faktor *delay* menjadi masalah bagi keberangkatan ataupun kedatangan pesawat.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, dapat dirumuskan permasalahan yang akan dikaji dengan rumusan masalah adalah :

1. Faktor apa saja di juanda yang dapat menyebabkan *delay* 5 tahun mendatang ?
2. Bagaimana memprediksi kebutuhan fasilitas truk bahan bakar dan bus agar tidak menyebabkan *delay* pada 5 tahun mendatang?

## 1.3 Tujuan

Tujuan penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui faktor penyebab *delay* pesawat ?
2. Mengoptimalkan jumlah fasilitas sisi udara Bandara Internasional Juanda



#### 1.4 Batasan masalah

Batasan masalah yang dipakai dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Pergerakan pesawat yang disimulasikan hanya pada pesawat komersial.
2. Waktu pergerakan pesawat yang disimulasikan berdasarkan pada aktivitas harian.
3. Model simulasi sebatas aktivitas penggunaan runway untuk take off - landing, garbarata, pemakaian tempat parkir pesawat, pendukung aktivitas *ground handling* (fasilitas truk bahan bakar, bus transport, bagasi).
4. Alternatif desain diuji dengan simulasi menggunakan bantuan perangkat lunak simulasi sistem dinamik.

#### 1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui dan memahami proses aktivitas sisi udara pada Bandara Internasional Juanda.
2. Mengetahui penyebab *delay* pesawat di Bandara Juanda
3. Menyeimbangkan fasilitas bandara agar optimal

## BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

### 2.1 Kajian Pustaka

Terdapat beberapa rangkaian penelitian terdahulu mengenai optimasi kebutuhan truk bahan bakar seperti pada tugas akhir ini salah satunya yaitu

K. C. James (2009), yang membuat jurnal berjudul *Performance Improvement Studies of an Airport Terminal Using Discrete Event Simulation*. Penelitian yang dilakukan di bandara Kerala, India ini bertujuan melakukan pengurangan waktu antrian di bandara. Penelitian ini meliputi tiga permasalahan yaitu *strategic level*, *tactical level*, dan *operation level*. *Strategic level* membahas antrian pesawat di landasan pacu yang disebabkan karena keterbatasan fasilitas pendukung seperti truk pengisi bahan bakar, *tactical level* menjelaskan tentang antrian di x-ray machines dan *operational level* membahas tentang antrian akibat adanya *slack time* pada jadwal keberangkatan dan kedatangan pesawat.

Permasalahan pada penelitian tersebut dianalisa dengan simulasi menggunakan SIMMOD. Hasil yang didapat adalah jumlah fasilitas yang harus disediakan dan penyesuaian jadwal pesawat.

Adapun penelitian yang dapat menunjang Tugas Akhir ini adalah penelitian Shantanu Maskeri dan M. K. Hada (2010), yang membuat jurnal berjudul *Simulation of Aircraft Refueling System Activities at Airports and their Optimization*. Penelitian tersebut diambil pada bandara di India, menyoroti tentang optimalisasi sumber daya untuk kegiatan pengisian bahan bakar pesawat yang melibatkan penggunaan sumber daya seperti truk pengisi bahan bakar dengan kapasitas yang berbeda, pengemudi, stasiun pengisian bahan bakar truk bahan bakar, dan area parkir untuk truk bahan bakar. Tujuan penelitian ini adalah meminimalisasi waktu tunggu pesawat dengan mengoptimalkan jumlah truk

bahan bakar dengan kapasitas yang berbeda sesuai dengan sumber daya pendukungnya.

Permasalahan pada penelitian tersebut dianalisa dengan simulasi menggunakan software AutoMod dan AutoStat. Selain itu juga dilakukan pendekatan dengan analisa sensitivitas, *vary one factor*, dan *vary multiple factor*.

## **2.2 Komponen Sisi Udara Bandara**

Komponen sisi udara bandara merupakan komponen pendukung aktivitas pesawat di bandara. Komponen tersebut terdiri dari landasan pacu, taxiway, apron, dan tower ATC.

### **2.2.1 Landasan pacu**

Landasan pacu adalah bagian dari bandara yang berfungsi sebagai landasan untuk melakukan aktivitas mendarat dan lepas landas pesawat. Pada umumnya ada 3 jenis landasan pacu. Jenis tersebut antara lain single, paralel, dan menyilang. Di dunia, dengan padatnya aktivitas pergerakan pesawat sering dikembangkan beberapa konfigurasi dari jenis landasan pacu seperti dua landasan pacu paralel dengan posisi menyilang.

### **2.2.2 Apron, gate, dan aktivitas ground handling**

*Apron* merupakan area parkir pesawat yang terdiri dari beberapa *gate*. *Gate* merupakan tempat setiap pesawat parkir dan melakukan aktivitas *ground handling*. Aktivitas *ground handling* terdiri dari beberapa aktivitas seperti bongkar muat barang, pengisian bahan bakar, naik turun penumpang, *cleaning servis* dan lain sebagainya.

### **2.2.3 Taxiway**

*Taxiway* merupakan lintasan penghubung pesawat antara landasan pacu dan apron. Tempat keluar pesawat dari landasan pacu disebut sebagai *enter taxiway*. *Enter taxiway* sendiri terdiri dari beberapa jalan masuk sesuai dengan *run of landing* setiap pesawat. Pada landasan pacu tunggal, untuk pesawat ATR72 *run*



*of landing* sekitar 900m sedangkan untuk pesawat A320 *run of landing* sekitar 2000 m. Sehingga akan terdapat dua *enter taxiway* pada jarak 2000 m dari ujung awal landasan pada landasan tunggal. Sedangkan tempat keluar pesawat dari apron disebut sebagai *exit taxiway*. Jumlah *exit taxiway* setiap bandara bervariasi sesuai dengan desain apron dan panjang apron.

#### **2.2.4 Tower ATC**

Tower ATC merupakan komponen penting di bandara. Tower ATC berfungsi sebagai pengatur lalu lintas udara di sekitar bandara. ATC tidak hanya mengatur pesawat yang akan mendarat dan lepas landas saja akan tetapi juga mengatur pergerakan pesawat yang melintas di sekitar bandara. Setiap pesawat yang melintas saja, akan mendarat atau lepas landas wajib meminta ijin dari ATC dan melaporkan tujuan pesawat yang melintas. Semua dilakukan untuk menghindari adanya kecelakaan di udara atau landasan pacu.

### **2.3 Bandara Internasional Juanda**

Bandara Internasional Juanda (BIJ) merupakan salah satu bandara internasional di Indonesia yang terletak di Sidoarjo dan 20 km dari Surabaya, Jawa Timur. Bandara Internasional Juanda melayani penerbangan langsung ke 21 kota di Indonesia dan ke 5 negara atau 8 kota di Asia serta embarkasi haji. Visi BIJ sesuai dengan rute penerbangannya adalah menjadi salah satu dari sepuluh perusahaan pengelola bandar udara terbaik di Asia. Bandara Internasional Juanda memiliki gedung terminal seluas 62.701 meter persegi dan *parking area* seluas 50.510 meter persegi. Sisi udara memiliki satu landasan pacu tunggal dengan panjang 3000 meter dan *apron* memiliki 31 *gate* dengan 11 *gate* menggunakan garbarata dan lainnya menggunakan *remote parking* di terminal 1. Sedangkan di terminal 2, terdapat 8 *gate* dengan fasilitas garbarata dan 6 *gate* menggunakan *remote parking*. Rata – rata perharinya, Bandara Internasional Juanda melayani 360 pergerakan pesawat.

Sistem Bandara Internasional Juanda seperti yang terlihat pada gambar 2.1 yaitu pesawat di ruang udara perjalanan ditangkap oleh radar *air traffic control* (ATC) untuk ditandai. Setelah ditandai setiap pesawat yang akan mendarat akan di atur oleh ATC untuk diperbolehkan mendarat. Begitu juga untuk pesawat yang akan *lepas landas* akan diatur dan dicontrol melalui ATC. Setelah itu saat pesawat mendarat akan melalui *taxiway* menuju *apron* untuk melakukan aktivitas *ground handling* yaitu aktivitas menurunkan-menaikkan penumpang, cargo, *cleaning servis* yang ditangani oleh *ground handling* masing masing maskapai seperti garuda airlines ditangani oleh gapura dan sebagainya. Sedangkan untuk aktivitas pengisian bahan bakar ditangani oleh pihak pertamina.



**Gambar 2.1** Skema Sistem Bandara Internasional Juanda

Pada gambar 2.1 dapat dilihat skema pergerakan pesawat dan penumpang dari dan ke bandara. Jika ditinjau dari kedatangan pesawat, maka pesawat menuju ke bandara kemudian mendarat di landasan pacu dan menuju apron dengan melalui *taxiway* dan begitu juga sebaliknya pesawat yang sudah selesai melakukan aktivitas *ground handling* pesawat meninggalkan *apron* menuju *landasan pacu* melewati *taxiway* untuk melakukan *lepas landas*. Begitu juga untuk kedatangan penumpang dari dan ke bandara di tunjukkan oleh panah hitam untuk penumpang keluar dan panah



biru untuk penumpang yang akan melakukan perjalanan dengan pesawat.

## **2.4 Delay**

*Delay* atau penundaan penerbangan adalah keterlambatan keberangkatan pesawat terbang berjadwal dari jadwal atau schedule yang telah ditetapkan. Menurut Pasal 146 Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang penerbangan, ada tiga jenis faktor keterlambatan atau delay yaitu :

1. Faktor teknis operasional
  - Bandara asal atau tujuan yang tidak dapat digunakan untuk operasional pesawat yang diakibatkan gangguan fungsi lingkungan menuju bandara atau landasan bandara, seperti keretakan, banjir atau kebakaran.
  - Terjadinya antrian pesawat yang hendak lepas landas maupun mendarat atau adanya *slack time* alokasi waktu keberangkatan di bandara sehingga dapat menimbulkan antrian panjang.
  - Fasilitas penunjang operasional *ground handling* seperti kurangnya tempat parkir, kurangnya fasilitas pengisian bahan bakar sehingga menyebabkan antrian yang dapat menunda keberangkatan.
2. Faktor nonteknis operasional
  - Keterlambatan pilot, kopilot dan awak kabin karena tempat penginapan yang jauh saat pergantian crew ditambah adanya macet saat crew menuju bandara.
  - Menunggu penumpang, baik yang baru melapor atau check in, pindah pesawat, atau yang akan mengikuti penerbangan lanjutan.
3. Faktor cuaca
  - Hujan lebat, petir, badai hujan lebat, badai, kabut, asap.
  - Jarak pandang di bawah standar minimal.
  - Kecepatan angin melampaui standar maksimal



## 2.5 Antrian

Menurut Siagian (1987), antrian adalah suatu garis tunggu (satuan) yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayan (fasilitas layanan). Antrian timbul disebabkan oleh kebutuhan akan layanan yang melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan atau fasilitas layanan, sehingga pengguna fasilitas yang tiba tidak bisa segera mendapat layanan disebabkan kesibukan layanan. Pada banyak hal, tambahan fasilitas pelayanan dapat diberikan untuk mengurangi antrian atau untuk mencegah timbulnya antrian.

Analisis antrian pertama kali diperkenalkan oleh A.K Erlang (1913) yang mempelajari fluktuasi permintaan fasilitas telepon dan keterlambatan pelayanannya. Saat ini analisis antrian banyak diterapkan dibidang bisnis (bank, supermarket), industri (pelayanan mesin otomatis), transportasi ( bandara, pelabuhan laut) dan lain – lain. Analisis antrian membantu pengambilan keputusan dalam merancang fasilitas pelayanan antrian untuk mengatasi permintaan pelayanan yang fluktuatif.

Pada umumnya untuk menganalisa antrian perlu diketahui komponen dasar dari model antrian yang terdiri dari sumber ( input), antrian dan mekanisme pelayanan. Masing-masing komponen dalam sistem antrian tersebut mempunyai karakteristik sendiri-sendiri. Karakteristik dari masing-masing komponen tersebut adalah:

### 1. Sumber

Setiap masalah antrian melibatkan kedatangan seperti orang, pesawat untuk dilayani. Unsur sumber sering dinamakan proses input. Pada umumnya sumber kedatangan dibagi menjadi 2 tipe yaitu kedatangan *infinite* dan *finite*. Pada kedatangan *infinite*, jumlah kedatangan tidak tergantung pada jumlah kedatangan yang telah ada di dalam sistem. Untuk kedatangan *finite*, jumlah kedatangan tergantung pada jumlah kedatangan yang telah ada di dalam sistem.

## 2. Antrian

Karakteristik antrian ditentukan oleh jumlah unit yang ada dalam sistem sehingga antrian bisa terbatas (limited) atau tidak terbatas (unlimited). Sebagai contoh antrian di jalan tol masuk dalam kategori panjang antrian yang tidak terbatas. Sementara antrian di rumah makan, masuk kategori panjang antrian yang terbatas karena keterbatasan tempat. Dalam kasus batasan panjang antrian yang tertentu (definite line-length) dapat menyebabkan penundaan kedatangan antrian bila batasan telah dicapai.

## 3. Pelayanan

Karakteristik fasilitas pelayanan dapat dilihat dari tiga hal, yaitu tata letak (lay out) secara fisik dari sistem antrian, disiplin pelayanan, dan waktu pelayanan. Tata letak fisik dari sistem antrian digambarkan dengan jumlah saluran atau disebut juga sebagai jumlah pelayanan.

Sistem antrian jalur tunggal (*single channel, single server*) berarti bahwa dalam sistem antrian tersebut hanya terdapat satu pember layanan serta satu jenis layanan yang diberikan. Sementara sistem antrian jalur tunggal tahapan berganda (*single channel multi server*) berarti dalam sistem antrian tersebut terdapat lebih dari satu jenis layanan yang diberikan, tetapi dalam setiap jenis layanan hanya terdapat satu pemberi layanan. Sistem antrian jalur berganda satu tahap (*multi channel single server*) adalah terdapat satu jenis layanan dalam sistem antrian tersebut, namun terdapat lebih dari satu pemberi layanan. Sedangkan sistem antrian jalur berganda dengan tahapan berganda (*multi channel, multi server*) adalah sistem antrian di mana terdapat lebih dari satu jenis layanan dan terdapat lebih dari satu pemberi layanan dalam setiap jenis layanan.

Disiplin pelayanan berkaitan dengan pelayanan yang diterapkan dalam sistem antrian yang terdiri dari :

- *First Come First Served (FCFS)* atau *First In First Out (FIFO)* artinya, lebih dulu datang (sampai), lebih dulu dilayani (keluar). Misalnya, antrian pada loket pembelian tiket bioskop.



- *Last Come First Served (LCFS)* atau *Last In First Out (LIFO)* artinya, yang tiba terakhir yang lebih dulu keluar. Misalnya, sistem antrian dalam elevator untuk lantai yang sama.
- *Service In Random Order (SIRO)* artinya, panggilan didasarkan pada peluang secara random, tidak soal siapa yang lebih dulu tiba.
- *Priority Service (PS)* artinya, prioritas pelayanan diberikan kepadapelanggan yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan pelanggan yang mempunyai prioritas lebih rendah, meskipun yang terakhir ini kemungkinan sudah lebih dahulu tiba dalam garis tunggu. Kejadian seperti ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa hal, misalnya seseorang yang dalam keadaan penyakit lebih berat dibanding dengan orang lain dalam suatu tempat praktek dokter.

## 2.5 Simulasi

Simulasi adalah proses merencanakan suatu model dari sistem nyata dan melakukan eksperimen dengan model tersebut dengan tujuan memahami tingkah laku sistem atau mengevaluasi berbagai strategi untuk mengoperasikan sistem yang dimaksud. Dalam beberapa hal penting melakukan pengamatan terhadap suatu sistem untuk berusaha memperoleh gambaran dari hubungan atas berbagai komponen atau untuk memperkirakan performa di bawah kondisi baru yang dipertimbangkan.

Simulasi digunakan sebagai rekayasa proses dan kejadian riil. Rekayasa dalam rangka penelitian, penyelidikan ataupun pengujian bersifat terbatas dan terfokus pada suatu aktivitas atau operasi tertentu dengan maksud untuk mengetahui karakteristik, keadaan dan hal-hal lainnya yang berkaitan dengan kehadiran dan keberadaan dari aktivitas dan peristiwa dalam bentuk riil.

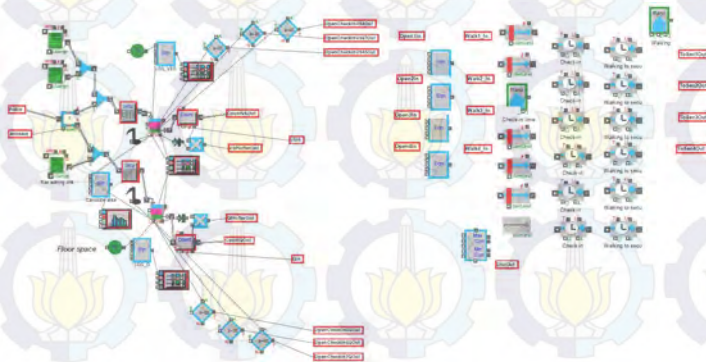
Rekayasa pada simulasi tidak menghasilkan sistem atau objek yang sama dan tidak bertujuan untuk menggandakan sistem atau objek. Rekayasa pada simulasi bertujuan untuk menghadirkan sistem riil dalam bentuk maya melalui penggunaan tiruan dari komponen-komponen dan strukturnya.



Dalam simulasi pada tugas akhir ini akan menggunakan perangkat lunak simulasi sistem dinamik yang akan membantu dalam pemodelan sistem. Perangkat lunak (software) ini dapat digunakan untuk:

- Memperkirakan sebab dan akibat dari tindakan tertentu.
- Mengidentifikasi masalah yang akan timbul pada suatu perencanaan sebelum hal tersebut direalisasikan.
- Mengetahui efek yang terjadi bila dilakukan modifikasi.
- Mengevaluasi ide dan mengidentifikasi tingkat efisiensi.

Program simulasi yang digunakan yaitu simulasi sistem dinamik. Adapun contoh penggunaan program tersebut seperti gambar 2.2



**Gambar 2.2** Penggunaan Simulasi Sistem Dinamik untuk Simulasi *Check In* di Bandara Internasional Broome

## 2.6 Verifikasi dan Validasi Simulasi

Verifikasi mengacu pada bagaimana membangun model dengan benar atau membangun model sesuai dengan yang diharapkan (*building the model right*). Verifikasi juga dapat didefinisikan dengan kalimat *building the model correctly*. Agar verifikasi proses dapat berjalan dengan sukses, maka model harus meliputi seluruh komponen yang dispesifikasikan di dalam sistem dan dapat dijalankan tanpa ada *error* atau *warning*.

Salah satu pendekatan yang bisa dilakukan agar mampu memodelkan suatu sistem adalah pendekatan *divide-and-conquer*.

Pendekatan ini dilakukan dengan memb~~reakdown~~ sistem yang kompleks/besar menjadi model sistem yang detail, sederhana dan lebih kecil. Semakin detail dan sederhana model yang dibuat maka model akan lebih mudah untuk di-*debug* dan mencakup komponen dasar yang diinginkan. *Error* maupun kesalahan *syntax* akan lebih mudah pula untuk dideteksi. Setelah model mampu beroperasi sesuai dengan yang diinginkan, maka penambahan-penambahan dapat ditambahkan pada model yang sederhana tersebut. Penambahan tersebut dapat berupa penambahan detail dari komponen dasar yang telah dibuat maupun penambahan komponen lain yang belum dimodelkan namun perlu dimodelkan untuk menunjukkan sistem aktual.

Agar model dapat dijalankan tanpa *error* maupun *warning*, maka teknik yang bisa dilakukan adalah teknik animasi. Teknik animasi dapat dikatakan sebagai salah satu alat bantu paling efektif dalam menunjukkan verifikasi dasar. Animasi dapat digunakan sebagai verifikasi model dengan berbagai macam cara, yakni :

- a. Mengikuti gerakan entiti dalam sistem.
- b. Menggunakan gambar entiti yang berbeda untuk tipe entiti yang berbeda.
- c. Menampilkan hasil statistik dari sistem.
- d. Menampilkan nilai dan plot dari variabel-variabel umum atau atribut dari entiti.

Sedangkan untuk Validasi model adalah bagaimana membangun model yang benar-benar sesuai dengan sistem (*the process of determining if the model accurately represents the system*). Validasi digunakan untuk menentukan apakah model simulasi yang telah dirancang sesuai dengan kondisi sesungguhnya di lapangan. Suatu model dinyatakan valid jika mampu memberikan rata-rata keluaran yang sama dengan rata-rata yang ada pada kondisi sesungguhnya di lapangan. Validasi juga merupakan langkah untuk mengawasi atau mengecek apakah model yang sudah diprogramkan itu asli, sudah benar atau sesuai

serta mengecek model yang sudah diprogramkan apakah dapat berjalan dengan baik.

Penggunaan asumsi sering dilakukan apabila kita kekurangan informasi terhadap suatu sistem, sistem tidak nyata, maupun adanya proses yang tidak bisa diobservasi. Asumsi dilakukan terhadap komponen sistem, interaksi, maupun data *input*. Penyederhanaan (*simplification*) biasa dilakukan dengan sengaja untuk mempersingkat waktu pengerjaan, dan bisa jadi disebabkan oleh sistem yang terlalu kompleks. Penyederhanaan bisa dilakukan dengan mengubah sebuah proses yang kompleks menjadi satu proses tunggal maupun menghilangkannya sama sekali. Penyederhanaan juga bisa dilakukan oleh praktisi dengan tidak memasukkan suatu proses dalam pemodelan. Biasanya hal ini dilakukan karena dirasa proses tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap sistem.





## BAB IV

### PENGOLAHAN DATA, PEMODELAN SISTEM DAN PEMBAHASAN

Untuk memodelkan sistem bandara ke dalam simulasi, perlu penjabaran secara rinci bagaimana perilaku sistem tersebut berjalan. Rincian tersebut dimaksudkan agar mempermudah pembuatan model simulasi, sehingga model yang dibuat benar-benar merepresentasikan sistem yang akan diteliti.

#### 4.1 Gambaran Umum Sistem

Sistem pada aktivitas sisi udara Bandara Internasional Juanda sama seperti sistem bandara umumnya. Aktivitas sisi udara meliputi kedatangan pesawat memasuki area pendekatan landasan pacu yang sebelumnya sudah mendapat izin dari ATC (Air Traffic Control) untuk melakukan pendaratan. Setelah mendarat, pesawat bergerak menuju tempat parkir atau gate pesawat melalui *taxiway*. Setelah sampai di tempat parkir pesawat akan di-*block* oleh petugas parkir. Setelah di-*block* aktivitas *ground handling* mulai dapat dilakukan. Aktivitas *ground handling* meliputi *loading – unloading cargo*, menurunkan penumpang, pengisian bahan bakar, pembersihan kabin, penggantian air, lavatory servis dan menaikkan penumpang. Berdasarkan prosedur *ground handling*, semua petugas *ground handling* yang berkepentingan harus sudah siap di dekat gate 15 menit sebelum kedatangan pesawat di tempat parkir. Setelah semua aktivitas *ground handling* selesai maka pesawat akan di *unblock* dan di dorong dengan *pushback car* mendekati *exit taxiway* pesawat. Setelah itu, pesawat bergerak menuju *taxiway*. Setelah sampai di *final taxiway take off*, pesawat menunggu *clearance* dari ATC untuk melakukan *take off*. Setelah mendapat izin ATC untuk *take off* pesawat segera memasuki area *runway* dan melakukan *take off*.

#### 4.1.1 Aturan pergerakan pesawat di landasan pacu

Landasan pacu Bandara Internasional Juanda hanya dapat digunakan satu aktivitas pada satu waktu yaitu mendarat atau lepas landas saja. Hal ini menyebabkan harus ada salah satu aktivitas yang mengantri yaitu pesawat yang akan mendarat atau lepas landas. Selain itu, ada mekanisme yang mengatur kedua aktivitas. Mekanisme tersebut dilakukan untuk menghindari turbulensi antar pesawat mendarat – mendarat, lepas landas lepas landas, dan mendarat – lepas landas. Untuk pesawat berurutan pada kondisi mendarat – mendarat dan lepas landas – lepas landas, mempunyai jarak minimum antar pesawat saat memasuki area pendekatan landasan pacu. Jarak minimum pesawat di area pendekatan dapat dilihat pada tabel 4.1. Pada tabel 4.1 pesawat di klasifikasikan berdasarkan berat maksimum lepas landas atau MTOW sesuai dengan ketentuan FAA (Federal Aviation Administration). Pesawat dengan MTOW >136 tones digolongkan dalam pesawat heavy. Sedangkan untuk <7 tones digolongkan pesawat light. Pada kondisi mendarat – mendarat berurutan jika terdapat pesawat heavy di depan dan dibelakang ada pesawat medium maka jarak minimum kedua pesawat tersebut adalah 5 nm. Begitu juga untuk konfigurasi antar tipe pesawat yang lain dapat dilihat pada tabel 4.1. Pada kondisi lepas landas – lepas landas berurutan maka seperti pada tabel 4.1 ATC tidak akan mengijinkan pesawat medium yang akan lepas landas, sebelum pesawat heavy di depan sudah lepas landas selama 120 detik. Untuk kondisi lepas landas – mendarat ATC tidak akan mengijinkan pesawat lepas landas jika terdapat pesawat di area pendekatan pada jarak  $\leq 3\text{nm}$  dari ujung landasan pacu.

Tabel 4.1 Tipe pesawat berdasarkan beban maksimum lepas landas, jarak minimum antar pesawat mendarat dan waktu minimum antar pesawat lepas landas.



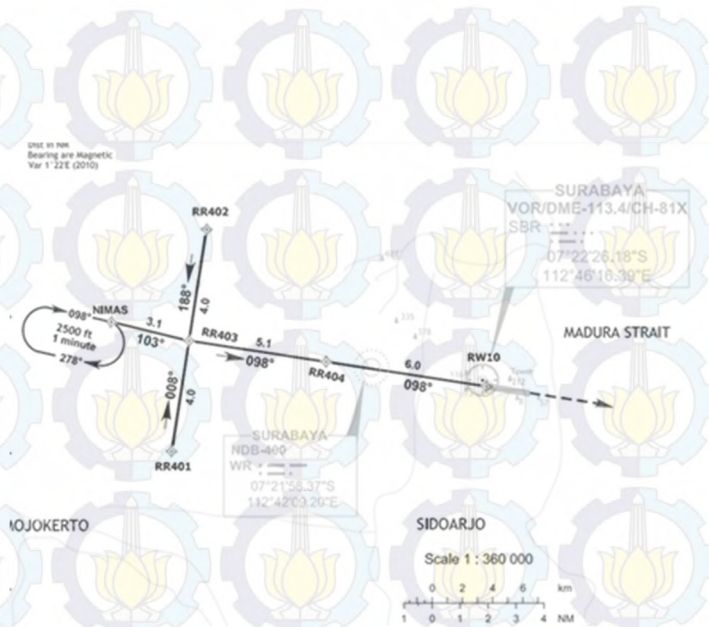
Beban Maksimum Lepas Landas (tones)	Posisi didepan	Posisi di belakang					
		Mendarat – Mendarat (nm)			Lepas landas – Lepas landas (detik)		
		Heavy	Medium	Light	Heavy	Medium	Light
>136	Heavy	4	5	6	120	120	120
7-136	Medium	3	3	4	60	60	60
<7	Light	3	3	3	60	60	60

Tabel 4.2 Kecepatan pesawat di area pendekatan landasan pacu

Tipe pesawat	Kecepatan Pendekatan Landasan Pacu (knot)	Contoh Pesawat
L	$\leq 90$	Cessna 172
M	120 -140	ATR72, FK28, CRJX
M	140 -165	B733, B739, A320
H	140 -165	B744, B772, A330, A333

#### 4.1.2 Area pendekatan landasan pacu

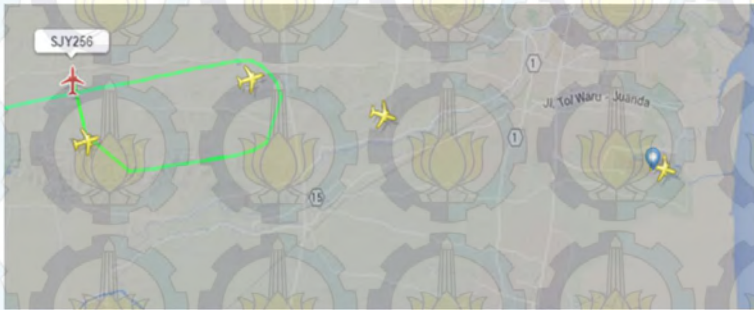
Area pendekatan landasan pacu Bandara Internasional Juanda adalah sepanjang 15 nm dan memiliki 3 jalur masuk yaitu arah utara, barat, dan selatan seperti tampak pada gambar 4.1. Pada gambar 4.1 pesawat dapat masuk dari tiga arah yaitu arah utara (RR402), selatan (RR401) dan barat (NIMAS). Cara masuk ke area pendekatan hanya ada satu arah masuk saja yang dapat digunakan pada satu waktu. Untuk kondisi pesawat yang harus melakukan holding di dekat area pendekatan maka hanya boleh melalui arah barat dengan pola holding seperti pada gambar melingkar NIMAS. Pada gambar 4.2 dan 4.3 pesawat akan berputar putar di area holding area pendekatan landasan pacu untuk memperoleh jarak aman saat memasuki area pendekatan. Pada gambar 4.4 adalah jarak pesawat medium dengan pesawat heavy.



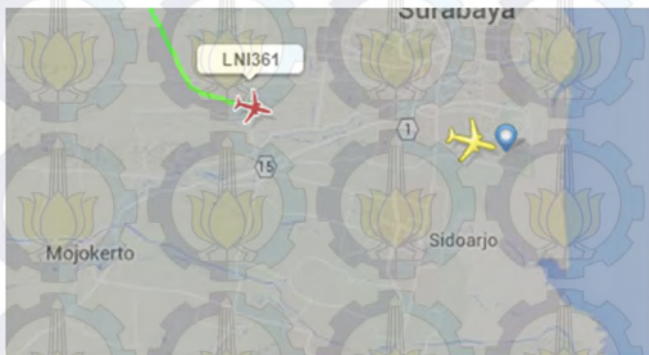
**Gambar 4.1** Area pendekatan di Bandara Internasional Juanda



**Gambar 4.2** Jarak antar pesawat medium (diambil dari Flightradar24.com)



**Gambar 4.3** Pesawat berputar putar saat jarak aman belum terpenuhi (diambil dari Flightradar24.com)



**Gambar 4.4** Jarak pesawat *medium* dengan *heavy* (dilihat dari Flightradar24.com)

#### 4.1.3. Pola kedatangan dan pengaturan nomor parkir pesawat

Pola kedatangan kapal di Bandara Internasional Juanda berdasarkan jadwal harian kedatangan pesawat. Berdasarkan kondisi sebenarnya seringkali pesawat datang tidak sesuai jadwal atau mempunyai variasi kedatangan pesawat. Variasi keterlambatan digunakan mean 23 menit atau mendekati dengan



angka rata – rata keterlambatan 23 menit dan berdistribusi ekponensial dengan melihat prosentase keterlambatan lebih dari 30 menit yaitu 25 % sedangkan dibawah 23 menit adalah sebesar 63%. Dalam operasional bandara, ada karakteristik khusus untuk pesawat yaitu tipe pesawat dan jenis tujuan. Jenis tujuan pesawat adalah tujuan penerbangan pesawat itu karena berkenaan dengan letak terminal dan pemilihan nomor parkir. Pemilihan nomor parkir untuk tujuan pesawat terminal 2 di nomor 1 sampai 14 dengan 8 garbarata dan 6 non garbarata, sedangkan untuk domestik di nomor 1 sampai dengan 40 di terminal 1 dengan 11 garbarata dan 29 non garbarata. Selain itu pemilihan nomor parkir juga ditentukan oleh tipe pesawat untuk desain pesawat ATR72, dan CRJ1000 tidak memungkinkan menggunakan fasilitas garbarata untuk itu nomor parkir yang digunakan adalah nomor 1 sampai 6 serta nomor 17 sampai 40.

#### 4.1.4 Aktivitas *ground handling*

Pada umumnya aktivitas *ground handling* dimulai dengan menge-*block* atau mengganjal roda pesawat terbang setelah pesawat sudah sampai di tempat parkir. Setelah di *block* maka mesin dimatikan dan semua aktivitas *ground handling* sudah dapat dilakukan. Untuk kondisi khusus seperti saat baling – baling pesawat atau *engine* pesawat tidak dapat dimatikan akibat cadangan listrik habis maka aktivitas *ground handling* belum bisa dilakukan sehingga diperlukan generator atau *ground power unit* untuk memberikan aliran listrik ke pesawat. Setelah diberi aliran listrik maka mesin akan mati dengan sendirinya  $\pm 2$  menit setelah dialiri listrik setelah itu aktivitas *ground handling* bisa dilakukan. Kondisi pesawat yang membutuhkan *ground power unit* sering terjadi pada pesawat medium ATR sedangkan untuk pesawat medium tipe lain sangat jarang menggunakan *ground power unit*.

Aktivitas *ground handling* dapat dilakukan segera dan bersamaan atau berkelanjutan. Untuk aktivitas seperti menurunkan penumpang, catering, menurunkan cargo, mengisi bahan bakar, *lavatory* dan *water servis* dapat dilakukan bersamaan. Sedangkan untuk aktivitas lanjutan seperti

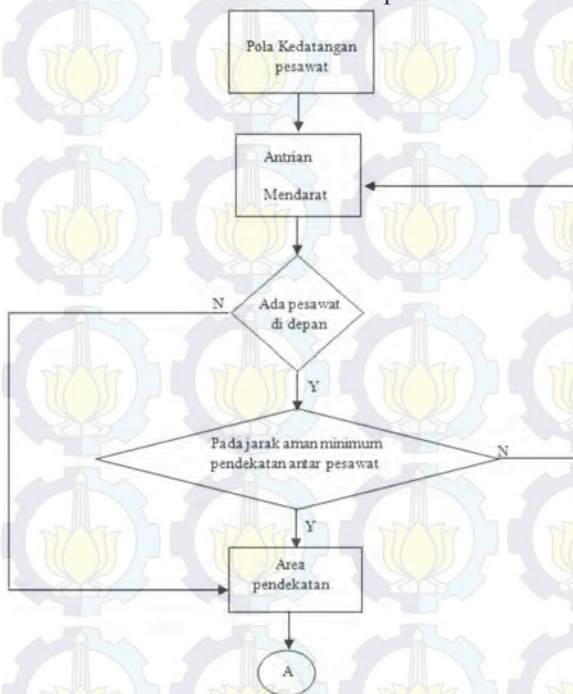
membersihkan kabin dilakukan setelah aktivitas penumpang turun selesai kemudian setelah aktivitas membersihkan kabin selesai disusul aktivitas penumpang naik pesawat. Selain itu juga aktivitas menaikkan kargo dilakukan langsung setelah semua kargo diturunkan karena kargo datang menuju pesawat dengan membawa kereta kargo kosong dan kargo yang sudah berisi. Aktivitas *ground handling* dapat dilihat pada gambar 4.6 skema aktivitas *ground handling*.

Aktivitas *ground handling* yang di kaji pada penelitian adalah pada aktivitas naik turun penumpang khususnya yang berkaitan dengan penggunaan bus dan juga pengisian bahan bakar dengan menggunakan truk pengisi bahan bakar. Pada gambar 4.6 untuk pengisian bahan bakar pada terminal 1 nomor parkir 1- 12 proses pengisian bahan bakar pesawat menggunakan truk tangki bahan bakar sedangkan untuk nomor parkir 13 - 40 dapat menggunakan truk dispenser bahan bakar. Adanya truk tangki dikarenakan tidak adanya nozzel atau lubang pengisian yang terdapat dibawah apron yang digunakan truk dispenser untuk menyalurkan bahan bakar dari pipa bahan bakar pertamina aviation menuju ke pesawat. Saat pesawat datang idealnya truk sudah ada di dekat area parkir pesawat dan setelah pesawat di-*block* maka truk bisa mendekat dan mengisi bahan bakar setelah selesai jika ada yang harus diisi maka truk dapat segera menuju ke parkir pesawat yang membutuhkan pengisian bahan bakar. Khusus untuk truk tangki truk yang ada mempunyai kapasitas sebesar 40kl. Standar kapasitas minimum truk tangki adalah  $\leq 4000$  liter jika kapasitas sudah mencapai standar minimum maka truk harus mengisi ke depo pengisian bahan bakar pertamina aviation. Kecepatan pengisian bahan bakar truk adalah 753 liter/menit.

Naik turun penumpang yang menggunakan fasilitas bus khusus untuk pesawat yang parkir di nomor parkir 1-6 dan 18 – 40 pada terminal 1 sedangkan pada terminal 2 pada nomor parkir 10 – 14. Selain pada nomor parkir tersebut, naik turun penumpang dapat langsung melalui gate penumpang baik yang



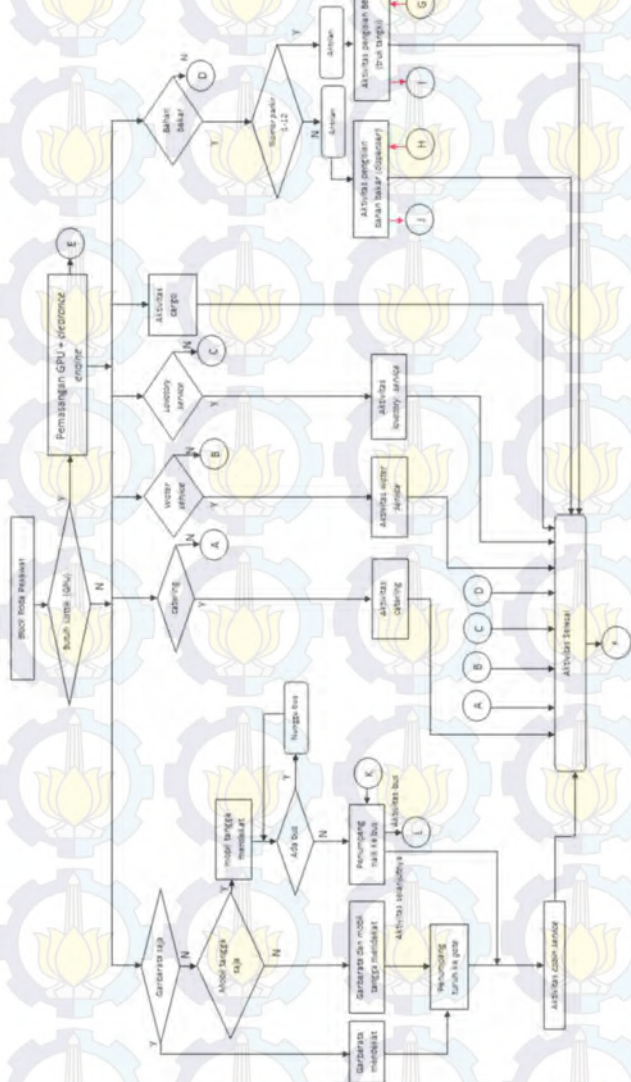
memakai garbarata ataupun tangga. Bus akan bergerak saat ada satu pesawat yang membutuhkan fasilitas bus. Bus akan menuju parkirannya yang dituju pesawat yang akan mengangkut penumpang turun dari pesawat dan ada juga bus lagi yang bergerak menuju gate penumpang untuk menaikkan penumpang yang akan naik pesawat. Setelah bus yang mengangkut penumpang turun dari pesawat maka bus akan bergerak menuju gate penumpang dan setelah selesai jika masih ada penumpang yang harus diangkut maka bus akan menuju lokasi tapi jika tidak ada, maka bus akan kembali menuju parkirannya. Sedangkan bus yang mengangkut penumpang dari gate akan menuju lokasi parkir pesawat untuk menurunkan penumpang dari bus menuju pesawat. Setelah selesai jika masih dibutuhkan bus akan menuju ke lokasi jika tidak dibutuhkan maka bus akan kembali ke parkirannya.

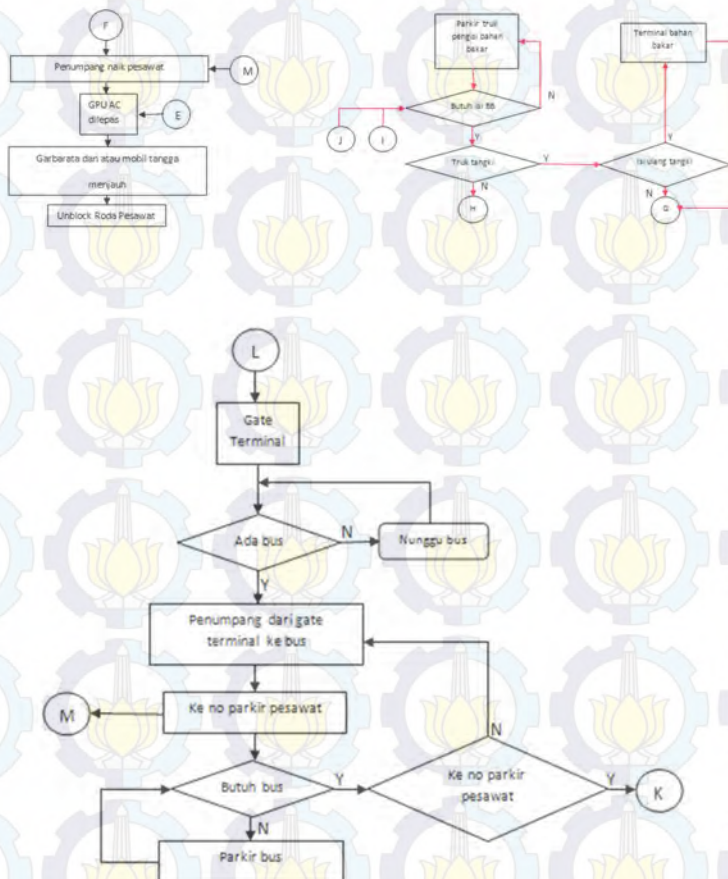






**Gambar 4.5** Skema pergerakan pesawat di sisi udara Bandara Internasional Juanda





**Gambar 4.6** Skema aktivitas *ground handling*



## 4.2. Pembuatan Model Simulasi

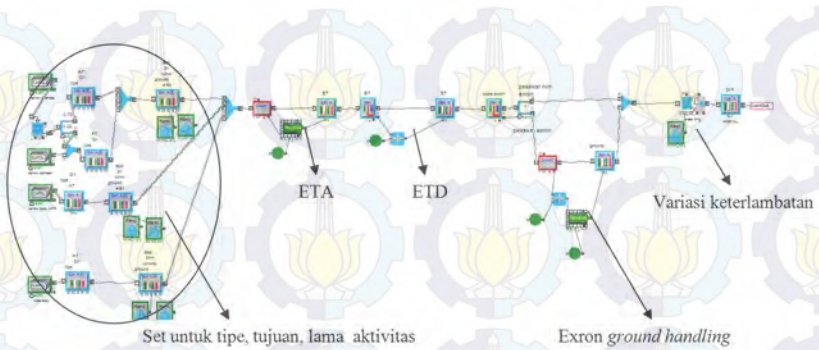
Sebelum model simulasi dibangun, perlu dirancang terlebih dahulu sebuah model konseptual untuk memudahkan penggunaan pada software simulasi dinamis. Model konseptual dibuat dengan menirukan kondisi yang ada dengan menentukan aktivitas pergerakan pesawat di bandara, ground handling dan aktivitas pengisian truk bahan bakar yang terdapat pada Bandara Internasional Juanda. Komponen-komponen yang ingin diketahui juga menjadi dasar dari pembuatan model konseptual ini seperti waktu antrian pesawat mendarat, lepas landas, pemakaian landasan pacu dan antrian pemakaian bus serta truk bahan bakar. Model simulasi ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu inputan pesawat, sistem pemakaian landasan pacu, dan aktivitas ground handling. Pembuatan model ini meninjau antrian yang terjadi dalam pemakaian landasan pacu, antrian pemakaian fasilitas bus, truk bahan bakar dan pemakaian apron. Model konseptual dari aktivitas pesawat dan pengisian bahan bakar di Bandara Internasional Juanda dapat dilihat pada gambar 4.5 dan 4.6. Setelah model konseptual dibuat maka dapat dibuat model awal pada software simulasi dinamis.

### 4.2.1 Input kedatangan pesawat

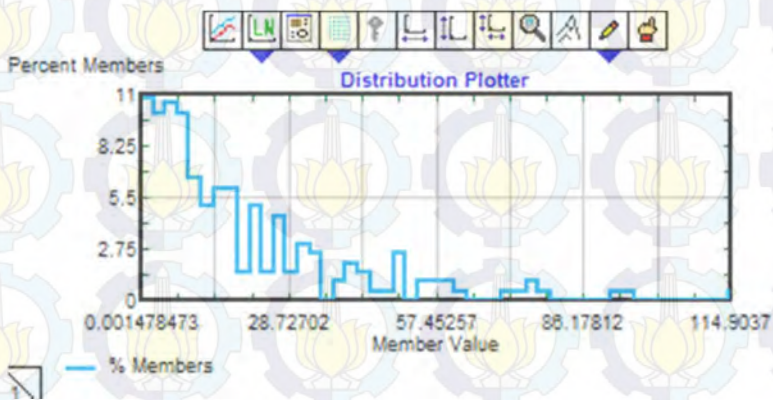
Input kedatangan pesawat berupa jadwal kedatangan pesawat dan variasi kedatangan pesawat di bandara. Pada simulasi ini jadwal dibedakan menurut tipe pesawat. Tipe pesawat menentukan jarak aman atau pemakaian *runway* dan juga posisi parkir untuk ATR tidak pada parkir yang menggunakan garbarata sehingga selalu menggunakan bus. Untuk tujuan pesawat domestik yang ada pada terminal internasional atau terminal 2 dibuat prosentase 22 % dari jadwal pesawat medium domestik. Prosentase diambil dari perbandingan jumlah jadwal kedatangan pesawat Garuda, Air asia, dan Mandala Tiger Air dengan keseluruhan jadwal pesawat. Kemudian untuk setiap tipe pesawat diberi set atribut untuk lama aktivitas di dalam

sistem seperti waktu melalui area pendekatan dengan pembagian jarak awal masuk adalah jarak aman untuk heavy sejauh 5 nm atau 1.875 menit dan untuk medium 3 nm atau 1.28 menit. Sedangkan untuk jarak aman pesawat lepas landas terhadap pesawat mendarat adalah sejauh 3 nm sebelum pesawat mendarat menggunakan landasan pacu atau sekitar 1.28 menit. Selain itu pemberian kode pesawat Exxon atau pesawat datang malam berangkat pagi untuk membedakan waktu ground handling dan juga set waktu pemakaian runway untuk mendarat.

Pesawat Exxon, attribute *ground handling* di awal akan diganti dengan set attribute baru dengan memasukkan data dari excel untuk lama *ground handling* pesawat Exxon. ETA adalah set attribute untuk jadwal kedatangan pesawat yang di set dengan bantuan data di excel. ETD adalah set attribute untuk keberangkatan pesawat dengan menambah 1.5 jam dari ETA. 1.5 jam adalah alokasi waktu pesawat di bandara ditentukan dengan cara membandingkan dengan rata – rata antrian pesawat dan prosentase diatas rata – rata keterlambatan berangkat pesawat. Kemudian ada variasi kedatangan ditentukan dengan distribusi eksponensial dengan mean 23 menit. Dengan bentuk distribusi seperti gambar 4.8 dengan kecenderungan data keterlambatan lebih banyak pada daerah dibawah mean.



**Gambar 4.7** Inputan Kedatangan Pesawat

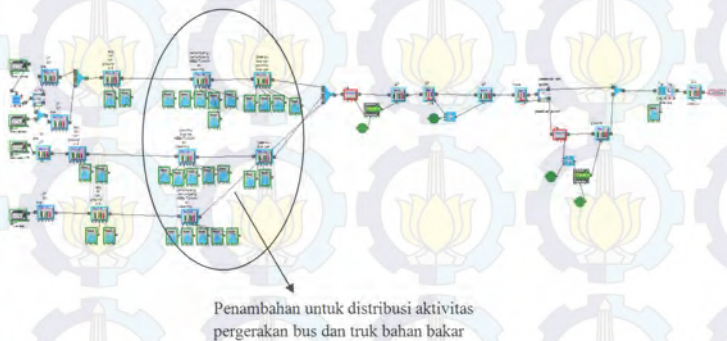


**Gambar 4.8** Distribusi eksponensial dengan mean 20 menit



#### 4.2.2 Input kedatangan pesawat untuk bus dan truk bahan bakar

Pada model ini ada penambahan atribut kemudian set atribut untuk aktivitas naik turun penumpang baik penumpang dari dan ke dalam pesawat, bus dan gate penumpang seperti tampak pada gambar 4.9.

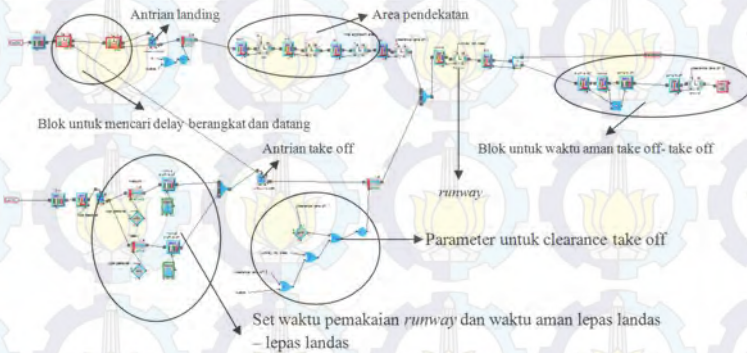


**Gambar 4.9** Input kedatangan untuk 5 tahun mendatang

#### 4.2.3 Mekanisme Pemakaian landasan pacu

Pemakaian landasan pacu diatur sesuai seperti dengan penjelasan pada sub bab 4.1.1. dan sub bab 4.1.2. Pada gambar 4.10 menyimulasikan pemakaian landasan pacu serta clearance antar pesawat yang mendarat ataupun lepas landas. Pada mekanisme pemakaian landasan pacu ini pembacaan attribute tipe pesawat sangat diperlukan untuk menentukan waktu pemakaian landasan pacu dan waktu di area pendekatan landasan pacu. Item akan ditandai sebagai kode kedatangan setelah keluar dari inputan. Saat pesawat memasuki area pendekatan akan ada block activity servis yang membaca jarak aman pesawat di depan jika

jarak sudah aman maka pesawat selanjutnya bisa masuk jika tidak maka harus antri pada queue FIFO, jarak aman untuk medium adalah 3 nm atau 1.28 menit sedangkan untuk heavy adalah 5 nm atau 1.85 menit, selanjutnya pesawat akan menggunakan landasan pacu untuk mendarat dengan waktu penggunaan dibaca oleh get attribute sesuai dengan set attribute pada inputan. Kemudian pesawat akan dibaca oleh block select DE OUT PUT untuk dibaca kedatangan atau keberangkatan jika kedatangan maka item akan masuk kedalam sistem selanjutnya. Untuk pesawat yang akan lepas landas maka akan ditandai sebagai pesawat yang berangkat kemudian akan diseleksi tipe pesawat untuk menentukan waktu penggunaan landasan pacu saat lepas landas dan waktu aman untuk lepas landas – lepas landas dengan set attribute tk off- tk off. Untuk pesawat medium mempunyai waktu aman untuk pesawat berikutnya selama 60 detik sedangkan untuk *heavy* 120 detik. Sedangkan untuk pesawat yang akan lepas landas akan ada block activity servis untuk menghentikan item masuk kedalam blok landasan pacu saat ada item pada jarak 3nm atau 1.28 menit dari landasan pacu dan saat ada pesawat di landasan pacu. Selain itu item juga akan dihentikan saat waktu aman untuk kondisi lepas landas – lepas landas yang diberikan oleh attribute tlrs – tk off dari pengurangan waktu aman pada get attribute tk off – tk off dengan get attribute *runway* atau waktu aman lepas landas – lepas landas dikurangi waktu pemakaian saat *take off*. Untuk mencari *delay* pesawat digunakan blok sensor untuk mendapatkan ETD, ETA dan lama item keluar blok sampai pada sensor yang di pasang. *Delay* kedatangan blok akan memunculkan data waktu datang, lama antri mendarat, dan ETA. Waktu datang adalah waktu item masuk kedalam blok sensor sebelum blok *queue* FIFO *landing*. Untuk mendapatkan *delay* kedatangan maka ETA dikurangi lama antri dan waktu datang. Sedangkan *delay* keberangkatan diperoleh dari pengurangan ETD dengan waktu datang, lama di bandara. Lama di bandara adalah lama item mulai dari datang sebelum *queue* FIFO sampai dengan *take off*.

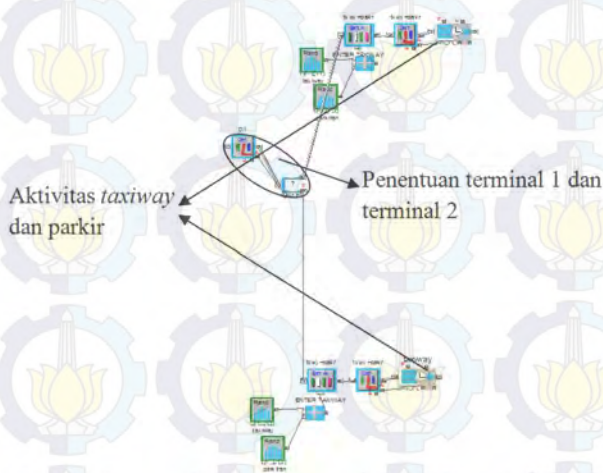


**Gambar 4.10** Mekanisme pemakaian landasan pacu

#### 4.2.4 Penentuan terminal

Penentuan terminal parkir dibuat sesuai dengan penjelasan pada sub bab 4.1.3. Simulasi penentuan terminal dan parkir pesawat dapat dilihat pada gambar 4.11. Pada mekanisme ini pembacaan tujuan pesawat sangat menentukan pesawat dapat masuk kedalam terminal 1 domestik atau terminal 2 internasional. Dengan item akan masuk kedalam tempat parkir terminal 1 atau 2 melalui taxiway kemudian menuju area parkir pesawat yang dijalankan pada block activity taxiway dengan get attribute taxiway+parkir.





**Gambar 4.11** Penentuan posisi terminal

#### 4.2.5 Aktivitas *ground handling*

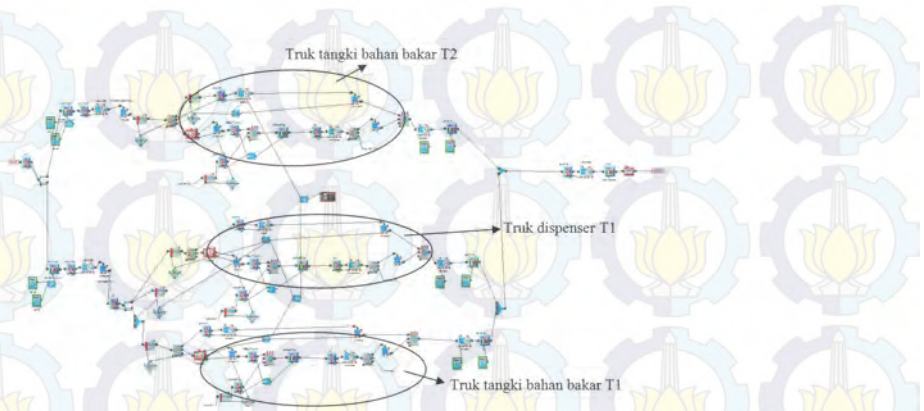
Pada gambar 4.12 setelah *taxiway* maka item akan masuk kedalam blok multiple activity untuk aktivitas *ground handling* dengan lama *ground handling* dibaca dari get atribut *ground handling*. Kemudian setelah selesai maka item akan di push back lalu masuk *taxiway* untuk melakukan lepas landas. Plotter digunakan untuk mengetahui jumlah pemakaian tempat parkir. Queue status blok digunakan untuk mengetahui waktu dan panjang antrian yang ada pada semua queue dalam sistem berguna untuk menentukan waktu antrian dan panjang antrian untuk lepas landas dan mendarat.



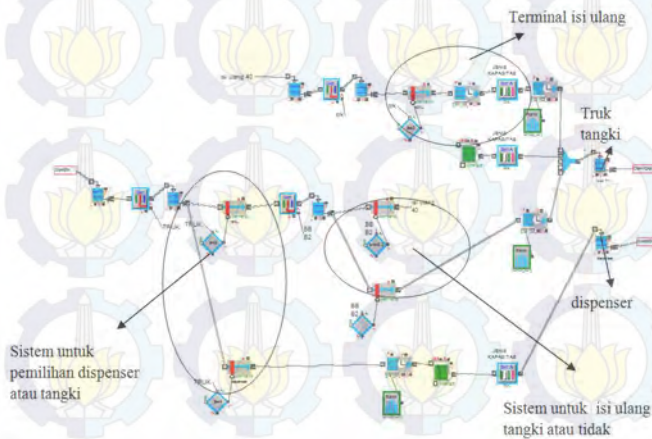
**Gambar 4.12** Apron untuk referensi

#### 4.2.6 Aktivitas truk bahan bakar

Selanjutnya aktivitas akan dilanjutkan dengan aktivitas *ground handling*. Aktivitas *ground handling* terpecah menjadi 2 aktivitas. Pada simulasi ini yang ingin disimulasikan adalah aktivitas pengisian bahan bakar pesawat dan bus sehingga aktivitas yang ada yaitu aktivitas *ground handling* dan aktivitas pengisian bahan bakar seperti gambar 4.13 serta aktivitas *ground handling* dengan aktivitas bus seperti pada gambar 4.16. Proses aktivitas pengisian bahan bakar pesawat terdapat pengisian bahan bakar dengan menggunakan truk tangki dan truk dispenser. Truk tangki akan bergerak menuju ke truk in 2 untuk mengisi pesawat karena pada jalur truk in 2 untuk daerah parkir yang tidak terdapat nozzle pada terminal 1, setelah selesai mengisi dari satu aktivitas pengisian truk dispenser dapat mengisi lagi atau kembali ke terminal dalam simulasi ini masuk dalam *block queue* FIFO dengan nama dispenser sedangkan untuk truk tangki dapat menuju ke jalur truk in 2 dan 1 karena dapat mengisi di semua area parkir setelah selesai mengisi truk tangki dapat mengisi lagi atau harus isi ulang seperti pada gambar 4.14 dengan adanya aktivitas servis yang mengontrol truk tangki untuk harus isi ulang atau mengisi lagi. Pada terminal 2, pengisian hanya dengan menggunakan truk tangki dengan proses aktivitas yang sama pada truk tangki terminal 1 yang dapat dilihat pada gambar 4.15

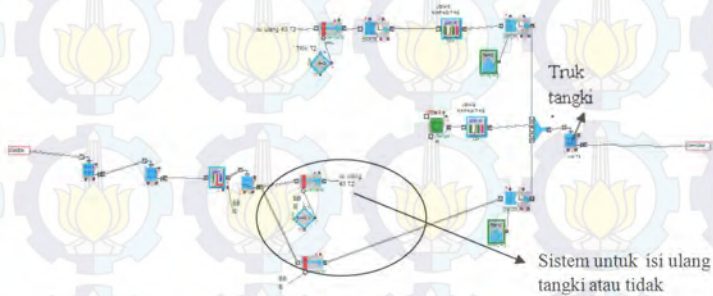


**Gambar 4.13** Aktivitas pengisian bahan bakar dengan truk tangki dan truk dispenser pada terminal T1 serta T2



**Gambar 4.14** Aktivitas pergerakan truk dispenser dan truk tangki di terminal 1 untuk dapat mengisi pesawat atau mengisi ulang tangki





**Gambar 4.15** Aktivitas pergerakan truk tangki di terminal 2 untuk dapat mengisi pesawat atau mengisi ulang tangki

Aktivitas naik turun penumpang terdapat 2 jenis yaitu dengan tangga atau garbarata dan dengan bus untuk jenis dengan tangga sendiri penumpang turun setelah tangga atau garbarata terpasang jadi setelah *block* aktivitas tangga di susul dengan aktivitas turun penumpang kemudian aktivitas *cleaning servis* dan aktivitas turun penumpang setelah itu aktivitas tangga untuk pelepasan kemudian aktivitas *push back* dan bergerak menuju taxiway. Sedangkan untuk yang menggunakan bus saat item masuk kedalam *unbatch* maka item akan dipecah menjadi tiga aktivitas yaitu ground handling sebagai parameter waktu aktivitas lama *ground handling* kemudian satu aktivitas menunggu bus untuk turun dari pesawat bersamaan dengan itu bus menuju gate penumpang untuk mengangkut penumpang ke pesawat akan tetapi jika belum ada maka akan ada antrian bus-gate. Bus dari pesawat setelah menaikkan penumpang akan bergerak menuju gate sedangkan bus dari gate akan menuju ke pesawat akan tetapi jika bus dari gate belum datang maka akan ada antrian bus-pesawat. Seperti pada gambar 4.16 dan 4.17 yang menjelaskan sistem bus dari parkir menuju parkir dan bus dari gate menuju gate.

**Gambar 4.17** Proses pergerakan bus dari parkir menuju parkir dan gate

### 4.3 Simulasi Referensi dan validasi

Simulasi referensi merupakan pemodelan untuk sistem awal sebelum penambahan dengan model alternatif. Validasi digunakan untuk menguji keluaran simulasi sudah mendekati sistem keluaran aktual.

#### 4.3.1 Validasi

Validasi menggunakan data *delay* kedatangan dan keberangkatan pesawat dengan hasil keluaran seperti pada tabel 4.6 dan 4.7. Delay diambil data sebanyak 7 hari dengan rata – rata delay kedatangan 22.48 menit sedangkan untuk rata – rata keterlambatan keberangkatan adalah 15.94 menit. Uji validasi dengan menggunakan nilai  $\alpha$  0.05 atau confidident interval 95% .Dengan  $H_0$  gagal ditolak jika  $P \text{ value} > \alpha$  dan tolak  $H_0$  jika  $P\text{value} < \alpha$ .

Tabel 4.6 Hasil simulasi untuk rata – rata *delay* kedatangan

Hari	Rata - rata <i>delay</i> kedatangan ( menit )
1	23.99
2	22.01
3	22.37
4	23.15
5	20.32
6	23.03
7	22.47
Mean	22.48
Referensi	23.41

Uji statistik digunakan untuk menguji hasil simulasi dengan data aktual. Uji untuk rata – rata keterlambatan pesawat datang adalah sebagai berikut :



$H_0 : \mu = \mu_0$

$H_1 : \mu \neq \mu_0$

Test of  $\mu = 23.41$  vs  $\neq 23.41$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
C1	7	22.478	1.149	0.434	(21.415, 23.541)	-2.15	0.076

P value > nilai alpha atau  $0,076 > 0,05$  maka  $H_0$  gagal di tolak atau rata – rata referensi sama dengan rata – rata simulasi. Maka simulasi yang dilakukan mempunyai hasil yang valid atau mempunyai rata – rata keterlambatan kedatangan yang sama.

Tabel 4.7 Hasil simulasi *delay* keberangkatan

Hari	Rata - rata <i>delay</i> keberangkatan (menit)
1	16.53
2	16.21
3	16.25
4	15.03
5	15.55
6	16
7	15.55
Mean	15.94
Referensi	15.52

Uji statistik digunakan untuk menguji hasil simulasi dengan data aktual. Uji untuk rata – rata keterlambatan pesawat berangkat adalah sebagai berikut

$H_0 : \mu = \mu_0$

$H_1 : \mu \neq \mu_0$

Test of  $\mu = 15.52$  vs  $\neq 15.52$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
C1	7	15.948	0.819	0.309	(15.190, 16.705)	1.38	0.216

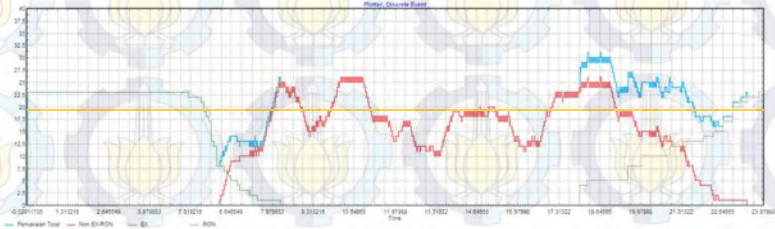
P value > nilai  $\alpha$  atau  $0,216 > 0,05$  maka  $H_0$  gagal di tolak atau rata – rata referensi sama dengan rata – rata simulasi. Maka simulasi yang dilakukan mempunyai hasil yang valid atau mempunyai rata – rata keterlambatan keberangkatan yang sama.

#### 4.3.2 Simulasi *runway*, apron, bus dan truk bahan bakar

Simulasi dilakukan berdasarkan referensi jadwal tanggal 2 Januari 2013 dengan jumlah jadwal kedatangan 190 pesawat.

Tabel 4.5 Hasil simulasi untuk *runway* tahun 2013

Block	Block Name	Ave Length	Max Length	Ave (min)	Max (min)
Antrian Landing	Queue, FIFO	0.13548	5	1.03374	12.0504
Antrian Take off	Queue, FIFO	0.070058	5	0.543222	7.2378



**Gambar 4.18** Hasil simulasi untuk pemakaian parkir pesawat tahun 2013

Hasil simulasi model referensi pada tabel 4.5 menunjukkan. Maksimum waktu antrian mendarat adalah 12.05 menit dengan rata – rata waktu antrian mendarat 1.03 menit. Rata – rata panjang antrian 0.13 dengan maksimum 5 pesawat. Maksimum waktu antrian lepas landas 7.23 menit dan rata – rata waktu antrian lepas landas 0.54 menit. Panjang antrian maksimum pesawat lepas landas adalah 5 pesawat dengan rata – rata 0.07. Dilihat dari rata – rata panjang antrian sebesar 0.13 berarti 13 % pesawat mengalami antri yaitu sekitar 24 pesawat mengalami antri selama 1.03 menit. Dalam sehari total antrian minimal 25 menit jika pesawat menghabiskan bahan bakar untuk antri di udara sebesar 40kg/ menit maka dalam sehari minimal bahan bakar yang dihabiskan untuk antri di bandara juanda sebanyak 1000 kg dengan biaya \$1000 atau setara dengan Rp 12.000.000 jika 1 dollar sama dengan Rp 12.000 untuk pemakaian tempat parkir pada gambar 4.18 maksimum adalah 30 nomor parkir pada puncak grafik paling tinggi menunjukkan penjumlahan antara pesawat exon garis warna hitam sebesar 23 pesawat ditambah 7 yaitu pesawat malam non exon. Jika dilihat pada garis kuning merupakan kapasitas jumlah pemakaian garbarata yaiatu sebayak 19 garbarata tampak bahwa pemakaian tempat parkir melebihi jumlah pemakaian garbarata sehingga



pada malam hari dan pagi hari banyak pesawat yang tidak dapat menggunakan garbarata.

Keterangan :

1. pnp non bus T2 adalah menunggu penumpang yang naik ke dalam pesawat melalui garbarata atau tangga dekat gate penumpang di terminal T2
2. pnp bus T2 adalah menunggu penumpang yang naik ke dalam pesawat dari bus di terminal T2
3. bus ke gate adalah menunggu kedatangan bus untuk mengangkut penumpang di gate penumpang
4. bus ke prkr T2 adalah menunggu kedatangan bus untuk mengangkut penumpang di parkir pesawat / gate pesawat
5. bus ke pswt T2 adalah menunggu penumpang yang akan naik pesawat dari bus
6. pnp non bus T1 adalah menunggu penumpang yang naik ke dalam pesawat melalui garbarata atau tangga dekat gate penumpang di terminal T1
7. pnp bus T1 adalah menunggu penumpang yang naik ke dalam pesawat dari bus di terminal T1
8. bus ke gate adalah menunggu kedatangan bus untuk mengangkut penumpang di gate penumpang
9. bus ke prkr T1 adalah menunggu kedatangan bus untuk mengangkut penumpang di parkir pesawat / gate pesawat
10. bus ke pswt T1 adalah menunggu penumpang yang akan naik pesawat dari bus

pnp bus T1

11. antrian landing adalah antrian pesawat di udara untuk memasuki area pendekatan pesawat untuk mendarat
12. antrian tk off adalah antrian pesawat di darat untuk melakukan lepas landas
13. inter gate adalah antrian pesawat untuk dapat masuk ke dalam apron atau area parkir pesawat di T2
14. domestik gate adalah antrian pesawat untuk dapat masuk ke dalam apron atau area parkir pesawat di T1

**Tabel 4.6** Hasil simulasi kebutuhan bus untuk terminal T1 dengan 6 bus dan terminal T2 dengan 2 bus tahun 2013

Block	Block Name	Ave Length	Max Length	Ave wait (min)	Max wait (min)
pnp non bus T2	Queue, FIFO	0.020384	1	2.93532	13.8924
pnp bus T2	Queue, FIFO	0	0	0	0
bus ke gate	Queue, FIFO	0	0	0	0
bus ke prkr T2	Queue, FIFO	0	0	0	0
bus ke pswt T2	Queue, FIFO	0	0	0	0
pnp bus T1	Queue, FIFO	0	0	0	0
pnp non bus T1	Queue, FIFO	0.068427	3	0.74646	13.7916
bus ke gate	Queue, FIFO	0	0	0	0
bus ke prkr T1	Queue, FIFO	0	0	0	0
bus ke pswt T1	Queue, FIFO	0	0	0	0

Terlihat pada tabel 4.6 hasil simulasi dengan 6 bus pada T1 dan 2 bus pada T2 di antrian yang terjadi untuk kebutuhan bus baik di terminal T1 ataupun T2 sudah tidak ada antrian bus akan tetapi masih ada antrian untuk aktivitas penumpang yang tidak menggunakan bus. Antrian penumpang yang terjadi atau pesawat masih menunggu aktivitas penumpang dengan rata – rata 2.9 menit dan maksimum 13.89 menit. Sedangkan di T1 pesawat menunggu aktivitas penumpang dengan rata – rata 0.74 menit dan maksimum 13.79 menit. Dalam simulasi setiap kebutuhan bus diwakilkan dengan satu bus dengan jumlah penumpang sebesar 17.966.627 penumpang dan jumlah kedatangan dalam sehari 190 pesawat maka jumlah penumpang per pesawat rata – rata adalah 130 penumpang. Dengan estimasi kapasitas bus adalah 35 penumpang maka setiap pesawat datang membutuhkan 4 bus, maka kebutuhan bus di terminal 1 adalah 6 dikali 4 atau 24 bus dan terminal 2 adalah 2 dikali 4 yaitu 8 bus.

**Tabel 4.7** Hasil simulasi kebutuhan truk bahan bakar dengan 5 dispenser, 2 truk tangki 40 kl untuk terminal 1 dan 2 truk tangki 40 kl untuk tahun 2013

Block	Block Name	Ave Length	Max Length	Ave wait (min)	Max wait (min)
wait isi bb dis T1	Queue, FIFO	0	1	0	0
truk T2	Queue, FIFO	0.89951	2	1.799	7.0407
bth dis T1	Queue, FIFO	0	1	0	0
bth tangki T1	Queue, FIFO	0.030199	1	0.030199	0.27548
isi bb tangki	Queue, FIFO	0	1	0	0
wait isi bb T2	Queue, FIFO	0	1	0	0
bth tangki T2	Queue, FIFO	0.031178	1	0.001422	0.017068
truk T1	Queue, FIFO	0.79931	2	0.66756	6.8034
dispenser	Queue, FIFO	3.3533	5	0.52504	7.4606



Pada tabel 4.7 terlihat bahwa kebutuhan akan truk bahan bakar yaitu pada block bth dis T1, bth tangki T2, dan bth tangki T1 yang merupakan antrian untuk kebutuhan truk bahan bakar saat pesawat datang mempunyai rata – rata waktu antrian yang kecil yaitu untuk bth dis T1, 0.03 menit untuk bth tangki T1 dan 0.001 untuk bth tangki T2. Dengan jumlah 5 dispenser dan 2 truk tangki kapasitas 40 kl pada T1 dan T2 dengan 2 truk tangki 40 kl kebutuhan akan pengisian bahan bakar pesawat sudah terpenuhi. Untuk delay keberangkatan adalah 30%.

#### **4.4 Simulasi berdasarkan kenaikan jumlah kedatangan pesawat 5 tahun mendatang**

Berdasarkan data dari Bandara Juanda pada gambar 1 diketahui forecast juanda untuk kenaikan pesawat adalah pada prosentase 9%. Prosentase kenaikan akan di proyeksikan sampai 5 tahun kedalam jadwal kedatangan pesawat tanggal 2 yaitu sebanyak 190 jadwal penerbangan, proyeksi tersebut dapat dilihat pada tabel 4.8 pada tabel tersebut jumlah kedatangan pesawat mencapai 292 penerbangan pada tahun 2018 sehingga kenaikan kedatangan pesawat sebesar 102 penerbangan dari tahun 2013.



**Gambar 4. 19** Proporsi pesawat penumpang dan kargo pos tahun 2013 Bandara Internasional Juanda

**Tabel 4.8** Proyeksi jumlah kedatangan pesawat 5 tahun mendatang

Tahun	Prosentase kenaikan	Hasil proyeksi jumlah kedatangan pesawat
2014	9%	207
2015	9%	225
2016	9%	246
2017	9%	268.
2018	9%	292

Kenaikan jumlah pesawat juga diproyeksikan untuk komposisi jumlah pesawat menuju terminal domestik dan internasional. Selain itu juga prosentase tipe pesawat dan kenaikan pesawat datang malam berangkat pagi ( pesawat EXRON). Proyeksi tersebut dapat dilihat pada tabel 4.8. Jumlah kedatangan pesawat 292 pesawat dengan proporsi pesawat domestik dan internasional berdasarkan gambar 4.19 adalah 9:1 maka tujuan internasional berjumlah 30. Dan untuk pesawat exon yaitu sebesar 23 pesawat jika dinaikkan dengan prosentase kenaikan 9% sampai tahun 2018 maka jumlah pesawat exon adalah sebesar 35 pesawat dan non exon sebesar 257 pesawat. Untuk tipe heavy juga dinaikkan 9% sehingga pada tahun 2018 kedatangan pesawat heavy berjumlah 3 pesawat sedangkan medium berjumlah 289 pesawat.

#### 4.4.1 Simulasi *Runway* dan apron

**Tabel 4.9** Proyeksi untuk tipe, tujuan, dan EXRON pesawat ( dalam satuan pesawat)

Tujuan internasional	0.1	30
Tujuan domestik	0.9	262
EXRON	23	35
NON EXRON	176	257
Tipe heavy	2	3
Tipe medium	188	289



**Tabel 4.10** Hasil simulasi untuk antrian *runway* tahun 2018

Block	Block Name	Ave Length	Max Length	Ave wait (min)	Max wait (min)
Antrian landing	Queue, FIFO	0.4414	7	2.1187 2	15.552
Antrian take off	Queue, FIFO	0.38382	7	1.8799 2	17.349

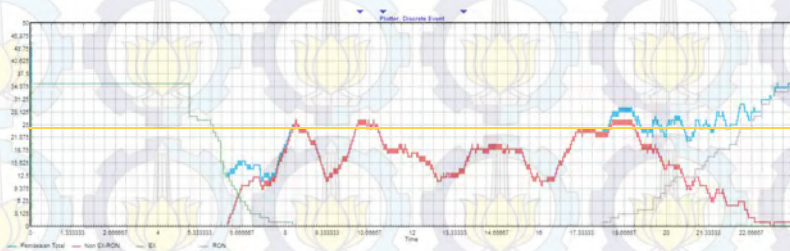
**Tabel 4.11** *Delay* yang terjadi hasil simulasi

Rata - rata <i>delay</i> keberangkatan (menit)	17.50
Rata – rata pesawat di bandara	1.23 jam
Maksimum pesawat di bandara	1.45 jam

Pada Tabel 4.10 dapat diketahui bahwa rata – rata antrian mendarat kurang dari 0.44 pesawat dan maksimum antrian 7 pesawat dengan rata – rata antrian 2.12 menit dan maksimum 15.52 menit untuk antrian lepas landas rata- rata kurang dari 0.38 pesawat dan maksimum antrian 7 pesawat dengan rata – rata waktu antrian lepas landas adalah 1.87 menit dan 17.34 menit. Jika rata – rata panjang antrian 0.44 maka dapat dikatakan 44% dari kedatangan pesawat mengalami antri selama 2.1 menit atau sekitar 130 pesawat dari 292 pesawat mengalami antri 2.1 menit dengan total waktu antrian adalah 283 menit atau 4.71 jam per hari. Untuk standar *holding* berdasarkan gambar 4.1 satu kali *holding* dibutuhkan waktu 1 menit sedangkan jika *holding* selama 2 menit sama dengan pesawat melakukan 2 kali *holding*. Maka dalam sehari ada 130 pesawat akan *holding* diatas 2 kali. Jika kebutuhan bakar saat *holding* adalah 40 kg/ menit maka rata – rata pesawat yang antri di udara menghabiskan bahan bakar sebesar 283 menit dikali 40 kg/menit yaitu sebesar 11.320 kg.

Jika 1 kg bahan bakar sama dengan 1 dollar maka biaya yang dibutuhkan rata – rata untuk antri di udara adalah 11.320 dollar atau Rp 135.840.000 jika 1 dollar sama dengan Rp 12.000. Dilihat dari *holding* dan estimasi biaya bahan bakar perhari maka pada kondisi 5 tahun ini pelayanan untuk landasan pacu harus sudah ditingkatkan atau harus ada penambahan landasan pacu baru.

Pada tabel 4.11 rata – rata *delay* keberangkatan adalah 17.50menit. Dengan lama pesawat lama di bandara yaitu mulai datang di udara sampai lepas landas sebesar 1.23 jam dan maksimum 1.45 jam.



Gambar 4.20 Grafik pemakaian apron

Pada gambar 4.20 terlihat bahwa pemakaian apron maksimum adalah 40 tempat parkir dengan kapasitas maksimum apron 54 tempat parkir maka apron masih memadai. Terlihat grafik hitam dan hijau adlah pesawat exon dengan warna hitam adalah kedatangan dan warna hijau adalah keberangkatan. Pada sekitar jam 18 menunjukkan pesawat exon yang sudah mulai parkir di apron dengan jumlah 35 pesawat exon tampak pada gambar puncak grafik biru mencapai 32 menunjukkan adanya penambahan kedatangan pesawat yang parkir non exon di tunjukkan oleh grafik merah. Grafik merah akan mulai turun sekitar jam 22 atau jam 5 pagi sampai jam 8 terlihat grafik hijau

mulai menurun menunjukkan pesawat exron mulai berangkat yang ditunjukkan oleh grafik hijau mulai menurun. Grafik kuning menunjukkan banyak garbarata yaitu sebanyak 19, terlihat pada pagi hari dan malam hari banyak pesawat yang tidak dapat menggunakan fasilitas garbarata.

#### 4.4.2 Simulasi Bus

Hasil simulasi untuk kebutuhan bus di Bandara Juanda proyeksi 5 tahun mendatang dengan lama simulasi 168 jam atau 7 hari.

Keterangan :

1. pnp non bus T2 adalah menunggu penumpang yang naik ke dalam pesawat melalui garbarata atau tangga dekat gate penumpang di terminal T2
2. pnp bus T2 adalah menunggu penumpang yang naik ke dalam pesawat dari bus di terminal T2
3. bus ke gate adalah menunggu kedatangan bus untuk mengangkut penumpang di gate penumpang
4. bus ke prkr T2 adalah menunggu kedatangan bus untuk mengangkut penumpang di parkir pesawat / gate pesawat
5. bus ke pswt T2 adalah menunggu penumpang yang akan naik pesawat dari bus
6. pnp non bus T1 adalah menunggu penumpang yang naik ke dalam pesawat melalui garbarata atau tangga dekat gate penumpang di terminal T1
7. pnp bus T1 adalah menunggu penumpang yang naik ke dalam pesawat dari bus di terminal T1
8. bus ke gate adalah menunggu kedatangan bus untuk mengangkut penumpang di gate penumpang



9. bus ke prkr T1 adalah menunggu kedatangan bus untuk mengangkut penumpang di parkir pesawat / gate pesawat
10. bus ke pswt T1 adalah menunggu penumpang yang akan naik pesawat dari bus pnp bus T1
11. antrian landing adalah antrian pesawat di udara untuk memasuki area pendekatan pesawat untuk mendarat
12. antrian tk off adalah antrian pesawat di darat untuk melakukan lepas landas
13. inter gate adalah antrian pesawat untuk dapat masuk ke dalam apron atau area parkir pesawat di T2
14. domestik gate adalah antrian pesawat untuk dapat masuk ke dalam apron atau area parkir pesawat di T1

**Tabel 4.12** Hasil Simulasi dengan 4 bus domestik dan 2 bus internasional

Block	Block Name	Ave Lengt h	Max Lengt h	ave wait (min)	Max wait (min)
pnp non bus T2	Queue, FIFO	0.035395	2	2.30184	57.4842
pnp bus T2	Queue, FIFO	0	1	0	0
bus ke gate	Queue, FIFO	0.004094	1	5.89554	41.2686
bus ke prkr T2	Queue, FIFO	0.002409	1	3.46824	24.2778
bus ke pswt T2	Queue, FIFO	0.001018	1	1.46562	10.2594
pnp bus T1	Queue, FIFO	0.051101	3	2.1552	71.088
pnp non bus T1	Queue, FIFO	0.050085	4	0.304314	15.7698
bus ke gate	Queue, FIFO	0.70452	10	28.2888	319.932
bus ke prkr T1	Queue, FIFO	0.10658	6	4.14822	46.4892
bus ke pswt T1	Queue, FIFO	0.55834	9	23.226	281.082

Pada simulasi ini rata – rata waktu menunggu penumpang pada terminal T1 relatif kecil yaitu 2.15 menit untuk bus dan 0.304 menit untuk non bus sedangkan antrian maksimum yaitu 15.76 menit untuk non bus dan 71.088 menit untuk yang memakai bus. Untuk rata-rata antrian tertinggi terjadi pada antrian bus ke gate sebesar 28.28 menit dan bus ke pesawat sebesar 23,22 menit. Sedangkan untuk T2 rata – rata penumpang non bus 2.3 menit dan maksimal 57.48 menit sedangkan untuk penumpang yang menggunakan bus tidak ada antrian penumpang walaupun terdapat antrian pada fasilitas bus akan tetapi nilai rata – ratanya sangat kecil. Jika dilihat dari rata – rata antrian penumpang non bus maka aktivitas penumpang sangat kecil untuk menjadikan keterlambatan pesawat di terminal baik di terminal 1 maupun 2 walaupun masih mungkin menyebabkan keterlambatan pesawat jika dilihat dari nilai antrian maksimum pada antrian penumpang.

Antrian fasilitas bus sendiri pada terminal T1 domestik terdapat antrian dengan rata- rata yang tinggi yaitu pada antrian bus yang harus ke gate penumpang dan bus yang harus menurunkan penumpang menuju pesawat sebesar 28.2888 menit untuk gate-bus dan 23.226 menit untuk bus-pesawat T1 akan tetapi nilai ini tak mempengaruhi adanya lama antrian pesawat menuju penumpang. Untuk antrian gate pesawat internasional dan domestik terlihat bahwa nilainya nol menandakan bahwa jumlah tempat parkir atau gate pesawat masih mencukupi baik di terminal 1 domestik maupun terminal 2 internasional. Sedangkan untuk rata – rata antrian pesawat mendarat yaitu sebesar 2.11875 menit dan maksimum 15.552 menit. Rata – rata antrian pesawat lepas landas sebesar 1.87992 menit dan maksimum sebesar 17.349 menit. Jika di tinjau dari rata – rata antrian mendarat maupun lepas landas maka antrian pemakaian landasan pacu sangat kecil menyebabkan keterlambatan pesawat. Dan jika dilihat dari maksimum antrian pesawat maka nilainya juga sangat kecil untuk menyebabkan keterlambatan pesawat. Jika dilihat masih adanya antrian maka dilakukan simulasi sampai tak terjadi

antrian dan diperoleh hasil simulasi dengan 18 bus domestik dan 4 bus internasional pada tabel 4.12.

**Tabel 4.13** Hasil simulasi dengan 18 bus domestik dan 4 bus internasional

Block	Block Name	Ave Length	Max Length	Ave wait (min)	Max wait (min)
pnp non bus T2	Queue, FIFO	0.031682	2	2.02122	42.5106
pnp bus T2	Queue, FIFO	0	1	0	0
bus ke gate	Queue, FIFO	0	1	0	0
bus ke prkr T2	Queue, FIFO	0	1	0	0
bus ke pswt T2	Queue, FIFO	0	1	0	0
pnp bus T1	Queue, FIFO	0.003324	2	0.139626	12.9234
pnp non bus T1	Queue, FIFO	0.036717	3	0.223896	17.1084
bus ke gate	Queue, FIFO	0	1	0	0
bus ke prkr T1	Queue, FIFO	0	1	0	0
bus ke pswt T1	Queue, FIFO	0	1	0	0

Pada simulasi ini dapat dilihat pada tabel 4.13 bahwa sudah tidak ada antrian bus baik pada terminal 1 ataupun terminal 2. Akan tetapi masih terdapat antrian penumpang yaitu antrian penumpang non bus rata-rata selama 0.223896 menit dan maksimum selama 17.1084 menit. Sedangkan untuk antrian penumpang dengan fasilitas bus masih terdapat antrian dengan rata-rata 0.139626 menit dan maksimum 12.9234 menit. Berdasarkan hasil simulasi walaupun fasilitas bus sudah terpenuhi tetapi waktu menunggu penumpang masih terjadi. Simulasi bus dilakukan dengan memberikan 1 bus untuk satu pesawat jika dilihat dari data forecast 10 % kenaikan penumpang maka jumlah penumpang 2018 adalah 28.935.432 penumpang dari 17.966.627



penumpang di 2013 dengan jumlah pesawat 292 sehari maka setahun jumlahnya adalah 210.240 sehingga rata – rata penumpang per pesawat adalah jumlah penumpang dibagi pergerakan pesawat dalam setahun. Sehingga rata – rata jumlah penumpang per pesawat adalah 137.6 penumpang atau sekitar 138 penumpang. Dengan kapasitas satu bus 35 penumpang maka jumlah bus yang dibutuhkan untuk mengangkut penumpang sekali datang adalah 4 bus sehingga jumlah bus domestik adalah 18 dikali 4 yaitu 72 bus. Untuk internasional adalah 4 dikali 4 yaitu 16 bus.

#### 4.4.3. Simulasi truk bahan bakar pesawat

Hasil simulasi untuk kebutuhan truk pengisi bahan bakar pesawat yaitu truk tangki di terminal T1 dan T2 serta dispenser di terminal T1 di Bandara Juanda dengan proyeksi 5 tahun mendatang serta lama simulasi 168 jam atau 7 hari

**Tabel 4.14** Hasil simulasi di terminal T1 dengan jumlah 2 truk tangki 40 kl, 5 dispenser dan terminal T2 dengan jumlah 1 truk tangki 40 kl

Block	Block Name	Ave Length	Max Length	Ave Wait (min)	Max Wait (min)
truk T2	Queue, FIFO	0.54202	1	35.0226	498.684
isi bb dis T1	Queue, FIFO	1.178	12	6.8712	50.58
bth dis T1	Queue, FIFO	4.3788	15	25.2078	63.81

bth tangki T1	Queue, FIFO	0.007564	1	0.418908	18.8886
isi bb tngk T1	Queue, FIFO	0	1	0	0
wait isi bb T2	Queue, FIFO	0.022738	2	1.52802	37.8876
bth tangki T2	Queue, FIFO	0.27676	4	17.4342	125.97
truk T1	Queue, FIFO	1.738	2	94.95	633.9
dispenser	Queue, FIFO	1.3373	5	7.6212	392.97

Pada tabel 4.14 dapat dilihat pada terminal T1 terdapat antrian pengisian dengan truk dispenser yaitu rata – rata selama 25.2078 menit dan maksimum 63.81 menit dan menyebabkan penundaan dengan rata – rata 6.8712 menit dan maksimum selama 50.58 menit pada isi bb dis T1 dengan dispenser. Sedangkan untuk tangki terdapat antrian rata – rata selama 0.418908 menit dan maksimum 18.8886 menit. Akan tetapi antrian ini tidak menimbulkan penundaan karena pengisian bahan bakar pada isi bb tangki T1. Untuk terminal T2 terdapat antrian truk tangki rata – rata selama 17.4342 menit dan maksimum 125.97 menit. Antrian ini menyebabkan adanya penundaan keberangkatan pesawat 1.52802 menit dan maksimum 37.8876 menit yang dapat dilihat pada wait isi bb T2. Akan tetapi antrian tidak sampai membuat antrian pesawat untuk menuju gate atau parkir pesawat.

Pada simulasi ini masih terjadi maka akan dilakukan simulasi ulang untuk mengurangi waktu antrian khususnya penambahan pada dispenser pada T1 dan truk tangki pada T2. Dari Simulasi ulang diperoleh hasil seperti pada tabel 4.15 dengan antrian isi bb dis T1 nol dan antrian butuh truk dispenser

rata – rata 0.35712 menit dan maksimum 8.8266 menit. Untuk pengisian dengan tangki rata – rata 0.287598 menit dan maksimum 14.5254 menit sedangkan antrian isi bb tangki T1 rata – rata 0.000929 menit dan maksimum 0.167274 menit. Pada terminal 2 antrian dengan tangki rata – rata 0.008221 menit dan maksimum 1.30704 menit. Akan tetapi antrian ini tidak menyebabkan antrian wait isi bb T2 atau penundaan keberangkatan karena pengisian bahan bakar.

**Tabel 4.15** Hasil simulasi di terminal T1 dengan jumlah 2 truk tangki 40 kl, 7 dispenser dan terminal T2 dengan jumlah 3 truk tangki 40 kl.

Block	Block Name	Ave Length	Max Length	Ave Wait (min)	Max Wait (min)
truk T2	Queue, FIFO	2.5718	3	162.99	592.758
isi bb dis T1	Queue, FIFO	0	1	0	0
bth dis T1	Queue, FIFO	0.062	4	0.35712	8.8266
bth tangki T1	Queue, FIFO	0.005193	1	0.287598	14.5254
isi bb tngk T1	Queue, FIFO	1.66E-05	1	0.000929	0.167274



wait isi bb T2	Queue , FIFO	0	1	0	0
bth tangki T2	Queue , FIFO	0.00013	1	0.00822 1	1.30704
truk T1	Queue , FIFO	1.7222	2	93.984	630.6
dispense r	Queue , FIFO	3.3399	7	19.0776	408.876

#### 4.5 Faktor penyebab *delay* 5 tahun mendatang

Dilihat dari antrian yang terjadi untuk fasilitas bandara atau faktor teknis operasional rata – rata antrian yang terjadi pada landasan pacu sebesar 2.18 menit memungkinkan pesawat terlambat dari jadwal akan tetapi tidak menyebabkan pesawat terlambat datang lebih dari 20 menit sedangkan rata – rata untuk antrian pesawat lepas landas 1.8 menit tidak menyebabkan pesawat terlambat berangkat lebih dari 15 menit akan tetapi nilai antrian itu akan menambah angka keterlambatan pesawat dari jadwal. Dari segi ketersediaan truk dan bus antrian juga dapat terjadi saat tak terpenuhi akan tetapi saat terpenuhi hanya dapat menambah angka keterlambatan. Sedangkan faktor non operasional rata –rata lama pesawat di bandara yaitu mulai datang di udara sampai lepas landas sebesar 1.23 jam dan maksimum 1.45 jam. Delay kedatangan lebih dari 30 menit sebesar 25%. Dengan rata – rata lama di bandara 1.23 jam dan maksimum 1.45 jam maka dengan prosentase *delay* kedatangan lebih dari 30 menit sebesar 25 % maka dapat menyebabkan *delay* pada keberangkatan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari Penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- 1 Pada tahun 2018 44% pesawat yang datang harus *holding* 2 kali putaran dengan standar waktu satu putaran *holding* 1 menit.
- 2 Bus yang dibutuhkan sebanyak 72 bus untuk terminal T1 dan 16 bus untuk terminal T2 tahun 2018 dan 2013 24 bus dan 8 bus internasional
- 3 Truk bahan bakar yang dibutuhkan 2 truk tangki, 7 dispenser untuk terminal T1 dan 3 truk tangki untuk terminal T2 tahun 2018 sedangkan tahun 2013 2 truk tangki dan 5 dispenser untuk T1 sedangkan untuk T2 2 truk tangki.
- 4 Keterlambatan dan antrian pesawat yang terjadi pada tahun 2013 dengan 190 kedatangan pesawat dan 2018 dengan prosentase kenaikan pesawat pertahun 9% jumlah kedatangan pesawat adalah 292 pesawat seperti pada tabel 5.1:

Tabel 5.1 Kesimpulan Variabel yang diteliti

Variabel yang diteliti	Tahun 2013	Tahun 2018
Rata - rata keterlambatan keberangkatan pesawat	15.52 menit	17.50 menit
Prosentase keterlambatan keberangkatan pesawat	30%	47%
Rata - rata waktu antrian mendarat	1.03 menit	2.11 menit
Waktu total dari rata - rata	0.41	4.72

waktu antrian pesawat mendarat	jam/hari	jam/hari
Rata - rata antrian lepas landas	0.54 menit	1.87 menit
Waktu total dari rata - rata waktu antrian pesawat lepas landas	0.11 jam/hari	3.45 jam/hari
Pemakaian apron maksimum	30 tempat parkir	40 tempat parkir

5. Faktor penyebab delay di Bandara Juanda adalah faktor non teknis operasional yaitu keterlambatan kedatangan pesawat sedangkan antrian runway, truk bahan bakar dan bus penumpang dapat menambah delay.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan adalah pada penelitian ini hanya ditinjau dari fasilitas landasan pacu, tempat parkir, bus dan truk bahan bakar sedangkan untuk faktor yang lain perlu juga dilakukan pengkajian.





## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Data observasi aktivitas <i>ground handling</i> .....	67
<b>Lampiran 2.</b> Pemakaian Taxiway.....	68
<b>Lampiran 3.</b> Data waktu pemakaian landasan pacu.....	69
<b>Lampiran 4.</b> Data sampel lama pesawat <i>ground handling</i> .....	70
<b>Lampiran 5.</b> Data distribusi data.....	71



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**Lampiran 1.** Data observasi aktivitas *ground handling* (dalam satuan menit)

Date	no	ref no	passenger/shift	shifts	type	category	destination	cargo rail	fuel	permanen bus		permanen kapal		lama bus dalam	1 permanen dari satu bus ke bus	permanen dari bus ke bus	waktu	keuntungan	cash back	GPD clearance			
										1	2	1	2										
N3	20	1.58	0	wings	AT872	0	0	4.34	9.1	0	4.1	753	3087.3	4.35	7.44	14.15	4.18	5	2	1	1.51	2	
N3	21	1.45	0	wings	AT872	0	6.3	5.51	8.35	0	1.15	753	2371.95	5.2	10	17	22.2	5.2	3	2	1.3	2.45	
N3	20	1.45	0	wings	AT872	0	12	12	8.2	0	1.2	753	2629.5	9.4	10	14	42.8	9.5	1	0	1.59	2	
N3	20	1.49	0	wings	AT872	0	9.1	15	8.56	0	3.56	753	2680.48	10	10	35	25	10	4	0	1.59	2	
N3	20	1.13	0	wings	AT872	0	5	5.1	9.56	0	4.56	753	3433.08	4	10	45	14	4	3	2	1.45	1.5	
N3	21	1.45	0	wings	AT872	0	5	10.2	8.32	0	1.32	753	2499.56	5.3	15.5	15	12.8	5.3	2.5	1.5	1.4	2.1	
N3	20	1.2	0	wings	AT872	0	9.69	11.7	9.8	0	4.7	753	3388.18	9.8	10	10	12.8	9.8	0	0	1.32	0	
N4	15	1.45	1.2	non	B739	0	8.2	5.5	9.5	0	7.3	753	79.30	8	9.5	10	1	0	0	0	1.32	0	
N4	15	1.1	1.14	non	B739	0	10	13	12.3	0	7.3	753	5496.9	7	7	18.49	4	3.5	1	1.9	0	0	
N4	16	1.45	1.2	non	B739	0	10	18	15.29	0	10.29	753	7748.97	7	7	15.53	2	0	0	1.56	0	0	
N4	15	1.45	1.2	non	B739	0	8.3	7	18.5	0	11.5	753	10165.3	15	15	2	0	0	0	1.38	0	0	
N4	15	1.59	1.14	non	B739	0	9.2	15	19.95	0	14.95	753	10963.08	10	10	26.6	0	0	0	1.46	0	0	
N4	17	1.45	1.2	non	B739	0	14.5	8.11	15.56	0	10.56	753	7951.08	14.2	20.3	0	4.5	0	0	1.38	0	0	
N4	17	1.45	0	non	B739	0	13.4	21.2	19.49	0	14.49	753	10910.97	10.5	10.5	0	5.2	0	0	1.52	0	0	
N4	15	1.45	1.2	non	B739	0	12.6	28.1	17.45	0	12.45	753	9374.85	28.3	28.3	0	0	0	0	1.38	0	0	
N4	16	1.44	1.05	non	B738	0	6.4	10	15	0	7.3	753	79.30	8	10	25	5	0	0	1.46	0	0	
N4	16	1.45	1.18	non	B738	0	15	12	17.45	0	12.45	753	9374.85	11.45	20	0	4.8	0	0	1.38	0	0	
N4	15	1.48	1.12	non	B738	0	12.5	14.15	15.5	0	14.5	753	10181.5	10.5	23.3	0	5.5	2.1	2	1.45	0	0	
N5	17	1.45	1.2	1xwings	B175	8.34	9.56	12	15.56	0	11.56	753	1274.08	15.56	15	25	0	4.5	0	0	1.43	0	0
N5	17	1.34	1.1	1xwings	B174	10	4	10	19.4	0	14.4	753	10843.2	10	10	25.1	0	0	0	1.43	0	0	
N5	11	1.11	1.09	1xwings	B175	8.34	9.56	14	22.5	0	17.5	753	13177.5	7.5	12	4.5	2	2	1.32	0	0	0	
N5	12	1.45	1.13	1xwings	B734	8	9.35	6.2	15.55	0	10.55	753	7944.15	14.4	15.3	0	3.8	0	0	1.4	0	0	
N5	13	1.41	1.01	1xwings	B734	8.34	9.56	12.4	17.4	0	12.4	753	7480.1	15.2	13	14.4	0	0	0	1.32	0	0	
N5	14	1.42	1.1	1xwings	B734	8.34	11	10	18.4	0	13.4	753	10090.2	7.5	10	0	4.8	2	2	1.35	0	0	
N5	13	1.48	1.4	1xwings	B734	10	13	20.5	19	0	13	753	9789	8.2	15	0	5	2	2	1.45	0	0	
N5	12	1.49	1.5	1xwings	B735	14.56	8.3	20.6	21.24	0	16.24	753	12228.7	7	25	0	5.5	2.1	3	1.52	0	0	
N5	11	1.08	1.1	1xwings	B738	12	9	21	16.28	0	16	753	1095.37	16	16	0	0	0	0	1.54	0	0	
N5	10	2	1.2	1xwings	B730	8	13	10	11.56	0	6.56	753	4703.68	9	18	0	4.34	3	2	1.59	0	0	
N5	9	1.58	1.2	1xwings	B738	10	12.45	25	21	0	8	753	1204.8	10	10	0	5	3.5	2.4	1.5	0	0	
N5	10	1.56	1.3	1xwings	B738	12	9	18.4	10.56	0	5.56	753	4186.68	6.45	9	0	0	0	0	1.56	0	0	
N5	12	1.5	1.1	1xwings	B738	10	12	16	16.64	0	6.64	753	4990.92	10	10	0	0	0	0	1.56	0	0	
N5	10	1.4	1.6	1xwings	B738	11.5	7.56	10	13.2	0	8.28	753	6197.9	10	10	0	6.4	0	0	1.54	0	0	
N5	11	1.43	1.2	1xwings	B739	6.45	7.48	20	15.56	0	10.56	753	7951.08	11	7	22.3	0	0	0	1.35	0	0	
N6	5	1	1	OGARUDA	CRJ	12	12	20	11.28	0	6.28	753	6234.98	11	7	15	21	0	0	0	1.22	0	0
N6	7	1.1	1.1	OGARUDA	B739	14.56	7	14	16.5	0	7.5	753	4441.1	16.5	16	12	38	0	0	0	1.3	0	0
N6	4	1.5	0	OGARUDA	CRJ	15	8	24	10.22	0	5.22	753	3390.6	11	7	12	26	11	0	0	1.38	0	0
N6	4	1.2	0	OGARUDA	CRJ	7	11	20.45	14	0	7	753	5271	10	18	18	0	0	0	1.35	0	0	
N6	4	1.4	1.53	1x arisa	A120	0	8	16	10	0	5	753	376	10	10	19.3	0	0	0	1.47	0	0	
N6	5	1.1	1.4	1x arisa	A120	0	9	15	11	0	7.5	753	79.30	9	11	4	0	0	0	1.45	0	0	
N5	5	1.79	1.24	1x arisa	B739	0	9	9	15	11	0	6	753	45	9	18	28	9	5	0	1.7	0	0
N4	23	1.5	1.35	OGARUDA	B739	0	7	7	10	0	5	753	376	10	15	25	0	0	0	1.34	0	0	
N4	21	1.72	1.45	merpati	B739	0	18	12	12	0	7	753	5271	15	15	20	35	10	5	0	1.4	0	0
N6	1	1.36	1.1	OGARUDA	A330	0	13.5	12.4	21.17	0	18.17	753	13627.04	15	15	25	20	0	0	0	1.3	0	0
N6	8	1.1	1.6	merpati	A330	0	15.01	14.15	25	0	20	753	15090	12	32.15	0	11.2	0	0	0	1.1	0	0
N6	8	1.1	1.3	merpati	A330	0	10.31	12.12	10	0	26.2	753	18975.6	15	19.45	0	9.48	0	0	0	1.1	0	0
N6	8	1.1	1.33	merpati	A330	0	11.51	12.64	10.5	0	15.5	753	11671.5	15	20	0	10	0	0	0	1.1	0	0
N6	1	1.05	1.2	merpati	A330	0	15.01	14.15	25	0	20	753	15090	12	32.15	0	11.2	0	0	0	1.1	0	0
N6	4	1.55	1.3	merpati	A330	0	10.3	12.3	25	0	20	753	15090	20	27.65	0	9.35	0	0	0	1.1	0	0

## 68



## Lampiran 2. Pemakaian Taxiway

Taxiway							
Kedatangan ( menit)				Keberangkatan (menit)			
N3	N4	N5	N6	N3-NP1	N4- NP1	N5- NP1	N6-NP1
4.2	3.81	4.8	4.2	3.5	4.57	4.15	6.32
3.78	4.26	5.52	6	4.4	4.59	4.59	6.33
2.46	3.54	6.6	5.6	3.1	4.4	4.45	5.59
3.36	5.46	4.98	5.2	4	5.2	5.04	6
2.88	4.5	5.8	6	3.45	5	5.1	5.1
3.36	4.14	6	4.8	3.33	3.59	5.3	5.45
2.7	4.2	4.8	5.58	3.32	4	4.5	6.2
2.28	4.8	5.46	5.1	4	3.45	4.45	5
2.4	4.86	4.26	5.16	3.4	5	5.1	5.5
3.36	3.36	7.2	5.4	4.1	4.5	4	5.5

**Lampiran 3.** Data waktu pemakaian landasan pacu

Medium			Heavy		ATR
Mendarat	Lepas landas	Mendarat	Lepas landas	Mendarat	Lepas landas
0.61	0.81	1.08	1.14	0.6	0.933
0.88	0.9	1.2	1.26	0.833	0.833
0.76	0.76	1	1.14	0.498	0.833
1.02	0.833	1.05	1.08	0.6	0.67
1	0.816	1.22	1.08	0.8	0.5167
1.1	0.9			0.9	0.833
0.5	0.7			0.7	0.95
1.02	1.08			0.8	0.6
1.02	1.02			0.8	0.9
1.08	1.08			0.66	0.8
1.02	0.84				
1.08	0.9				

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Federal Aviation Administration (FAA) (1995): **Advisory Circular AC 150/5060-5, Airport Capacity and Delay**. Washington D.C
- [2] Directorate of Air Navigation SUB (2013), **Aeronautical Information**. Directorate Management Civil Aviation of Republic Indonesia, Indonesia.
- [3] Shantanu Maskeri dan M. K. Hada (2010), **Simulation of Aircraft Refueling System Activities at Airports and their Optimization**. Defense Institute of Advance Technology Maharastra, India.
- [4] International Air Transport Association (IATA) (ed.) (2011) : **Worldwide scheduling guidelines. EDISI 21.**, Montréal / Geneva
- [5] National Aeronautics and Space Administration (NASA) (1998): **The Aviation System Analysis Capability - Airport Capacity and Delay Models**. NASA/CR-1998-207659, Hampton
- [6] National Air Traffic Services (NATS) (2007a): **Heathrow Mixed-Mode: Capacity. Study prepared for BAA by NATS En-route plc**. Hants
- [7] National Air Traffic Services (NATS) (2007b): **Heathrow Mixed-Mode: Scenarios. Study prepared for BAA by NATS En-route plc**. Hants



